LINEE DIRETTRICI PRATICHE DI CARATTERE NON OBBLIGATORIO SULLA PROTEZIONE DELLA SALUTE E DELLA SICUREZZA DEI LAVORATORI CONTRO I RISCHI CONNESSI CON GLI AGENTI CHIMICI SUL LAVORO

(Articoli 3, 4, 5, 6 e punto 1 dell'allegato II della direttiva 98/24/CE)

Commissione europea

DG Occupazione, affari sociali e pari opportunità

Unità F.4

Redazione completata nel giugno 2005

2005_1599_IT.indd 1 17-10-2006 15:03:09

Documento redatto sulla base di COM/2004/819 def.

Chi fosse interessato a ricevere il bollettino d'informazione elettronico ESmail della Direzione generale dell'Occupazione, degli affari sociali e delle pari opportunità della Commissione europea è pregato di inviare un messaggio di posta elettronica all'indirizzo empl-esmail@ec.europa.eu – Il bollettino d'informazione esce regolarmente in tedesco, inglese e francese.

Europe Direct è un servizio a vostra disposizione per aiutarvi a trovare le risposte ai vostri interrogativi sull'Unione europea

Numero verde unico ([1]):
00 800 6 7 8 9 10 11

([1]) Alcuni gestori di telefonia mobile non consentono l'accesso ai numeri 00 800 o non ne accettano la gratuità.

Numerose altre informazioni sull'Unione europea sono disponibili su Internet consultando il portale Europa (http://europa.eu).

Una scheda bibliografica figura alla fine del volume.

Lussemburgo: Ufficio delle pubblicazioni ufficiali delle Comunità europee, 2006

ISBN 92-894-9653-3

© Comunità europee, 2006
Riproduzione autorizzata con citazione della fonte.

Printed in Italy

STAMPATO SU CARTA SBIANCATA SENZA CLORO

2005_1599_IT.indd 2 17-10-2006 15:03:09

Indice

INTRODUZIONE 5

1. OBIETTIVO E PORTATA DELLE LINEE DIRETTRICI PRATICHE 5
2. DEFINIZIONI 5
3. MECCANISMI DI GENERAZIONE DEI DANNI PRODOTTI DAGLI AGENTI CHIMICI 7
4. STRUTTURA DELLA GUIDA E RIFERIMENTO ALLA DIRETTIVA 98/24/CE 8
5. LEGISLAZIONE COMPLEMENTARE ALLA DIRETTIVA 98/24/CE 8

PARTE I 11

INDIVIDUAZIONE, VALUTAZIONE E CONTROLLO DEI RISCHI DERIVANTI DALLA PRESENZA DI AGENTI CHIMICI PERICOLOSI SUL LUOGO DI LAVORO 13

1. DETERMINAZIONE E VALUTAZIONE DEI RISCHI DERIVANTI DALLA PRESENZA DI AGENTI CHIMICI SUL LUOGO DI LAVORO 13

   1.1. Fonti di informazione sulla pericolosità degli agenti chimici 13
   - 1.1.1. Etichetta 13
   - 1.1.2. Schede informative in materia di sicurezza 14
   - 1.1.3. Valori limite di esposizione professionale e valori limite biologici 16
   - 1.1.4. Raccomandazioni della Commissione europea relative ai risultati della valutazione dei rischi e alla strategia di limitazione dei rischi per le sostanze 18
   - 1.1.5. Altre fonti 18

   1.2. Procedimenti di valutazione dei rischi 19

2. PRINCIPI GENERALI PER LA PREVENZIONE DEI RISCHI CONNESSI AGLI ACP 23
3. MISURE SPECIFICHE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE PER IL CONTROLLO DEL RISCHIO CHIMICO 26

   3.1. Misure specifiche di prevenzione e protezione e relativa prioritarizzazione 26
   3.2. Misure preventive nel ciclo di vita del prodotto 32

PARTE II 63

LA SORVEGLIANZA SANITARIA DEI LAVORATORI ESPOSTI AL PIOMBO E AI SUOI DERIVATI IONICI 65

1. SORVEGLIANZA SANITARIA DEI LAVORATORI ESPOSTI AD AGENTI CHIMICI PERICOLOSI 65
2. NATURA DEGLI EFFETTI DERIVANTI DALL'ESPOSIZIONE AL PIOMBO E AI SUOI DERIVATI IONICI 66
3. CONTENUTO DELLA SORVEGLIANZA SANITARIA 66
4. CONTROLLO BIOLOGICO DEI LAVORATORI ESPOSTI AL PIOMBO E AI SUOI DERIVATI IONICI 68

   4.1. Caratteristiche generali 68
   4.2. Determinazione del piombo nel sangue 68
   4.3. Il controllo biologico come strumento della medicina del lavoro 70

2005_1599_IT.indd 3 10-10-2006 17:54:25

PARTE III 75

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI 77

1. REGOLAMENTI, DIRETTIVE E ALTRI DOCUMENTI LEGISLATIVI CITATI 77
2. NORME EUROPEE 79
3. RACCOLTE DI METODI ANALITICI 79
4. BIBLIOGRAFIA GENERALE 80

ALLEGATI 83

ALLEGATO 1: Frasi *R*, frasi *S* e loro combinazioni 85
ALLEGATO 2: Metodologie semplificate di valutazione dei rischi 93
ALLEGATO 3: Esempi di applicazione dei principi preventivi e delle misure specifiche in due processi industriali 107
ALLEGATO 4: Valutazione quantitativa dell'esposizione agli agenti chimici 111
ALLEGATO 5: Metodi di misura degli agenti chimici menzionati nell'elenco di valori limite indicativi della direttiva 2000/39/CE 121
ALLEGATO 6: Schede tecniche dei metodi di analisi del piombo e dei suoi derivati ionici nell'aria e nel sangue 275

2005_1599_IT.indd 4 10-10-2006 17:54:25

INTRODUZIONE

1. OBIETTIVO E PORTATA DELLE LINEE DIRETTRICI PRATICHE

La direttiva 98/24/CE, *sulla protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro* ha come base giuridica l'articolo 137 del trattato sull'Unione europea e, quindi, stabilisce le condizioni minime di sicurezza e salute che dovranno essere applicate dagli Stati membri, fermo restando il loro diritto di disporre di una legislazione più rigorosa al riguardo.

Il presente documento è conforme alle prescrizioni dell'articolo 12, paragrafo 2 della direttiva 98/24/CE relativa all'elaborazione di linee direttrici pratiche da parte della Commissione europea sugli articoli 3, 4, 5 e 6 e sul punto 1.3 dell'allegato della stessa direttiva. In questo senso, si deve sottolineare che esso non abbraccia la totalità del testo della direttiva, ma esclusivamente gli aspetti contenuti in tali articoli, che sono:

- metodi di misura e valutazione delle concentrazioni nell'aria, sul luogo di lavoro, in rapporto ai valori limite di esposizione professionale della direttiva 2000/39/CE,
- valutazione dei rischi,
- principi generali di prevenzione,
- misure specifiche di prevenzione e protezione,
- sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti al piombo e ai suoi derivati ionici.

L'obiettivo di queste linee direttrici pratiche è di fornire un supporto agli Stati membri perché sviluppino le proprie politiche nazionali e di facilitare l'applicazione della loro legislazione in materia di protezione della sicurezza e della salute dei lavoratori. Nonostante il loro carattere indicativo e non obbligatorio, queste linee direttrici dovranno essere considerate dagli Stati membri nella più ampia misura possibile, in conformità all'articolo 12, paragrafo 2 della direttiva stessa.

Il presente documento fissa alcune linee generali di azione preventiva contro gli agenti chimici e fornisce alcuni strumenti pratici per affrontare taluni aspetti concreti, come la valutazione dei rischi. Questi strumenti devono essere interpretati come un aiuto agli Stati membri per ottenere una corretta applicazione della loro legislazione nazionale, in particolare nelle piccole e medie imprese, ma in nessun caso devono essere considerate come le uniche esistenti a tale scopo.

Da ultimo, va segnalato che esistono alcuni problemi di ordine pratico nell'identificazione della pericolosità degli agenti chimici o nella valutazione dei rischi da essi derivanti. Si tratta dei seguenti casi:

- sostanze non classificate come pericolose (a causa della loro non pericolosità o del fatto che non si hanno informazioni sufficienti al riguardo, in particolare sugli effetti a lungo termine, sicché si tende a considerarle come non pericolose, non disponendosi di ulteriori dati);
- sostanze per le quali non vi sono informazioni sufficienti alla loro corretta classificazione secondo la direttiva 67/548/CEE, il che potrebbe portare a sottovalutarne o sopravvalutarne la pericolosità, con la conseguente perdita di efficacia del sistema di classificazione;
- preparati classificati ai sensi della direttiva 1999/45/CE, per i quali la valutazione delle proprietà pericolose può risultare meno rigorosa della valutazione delle proprietà di ognuna delle sostanze che li compongono.

La problematica derivante da questi casi non viene trattata in modo esaustivo in questo documento, pertanto si raccomanda agli Stati membri di sviluppare linee direttrici più dettagliate in materia.

2. DEFINIZIONI

Per la corretta interpretazione di queste linee direttrici pratiche, si forniscono di seguito gli opportuni com-

2005_1599_IT.indd 5 10-10-2006 17:54:26

menti alle definizioni contenute nell'articolo 2 della direttiva 98/24/CE.

Agente chimico: qualsiasi elemento o composto organico, da solo o in miscela, così come si presenta allo stato naturale o viene prodotto, utilizzato o smaltito, compreso lo smaltimento come rifiuto, in un'attività lavorativa, sia stato esso lavorato o no in modo intenzionale e sia stato commercializzato o no.

Spesso si crede che l'uso di agenti chimici, e quindi i rischi ad essi associati, sia limitato alle industrie chimiche ed affini, come l'industria farmaceutica o petrolifera, le quali fondamentalmente producono gli agenti chimici. Tale credenza è totalmente sbagliata, poiché oggigiorno l'uso di agenti chimici è praticamente universale, non solo nel lavoro, ma anche (fuori del campo di applicazione della direttiva 98/24/CE) nelle attività domestiche, educative e ricreative, sotto forma di prodotti per la pulizia, adesivi, prodotti cosmetici ecc. Per questo motivo, i rischi derivanti dall'uso di agenti chimici sono comuni a un gran numero di posti di lavoro, sia nell'agricoltura che nell'industria e nel terziario.

Tra le attività che, pur non essendo propriamente «chimiche», hanno registrato negli ultimi anni un maggiore aumento dell'utilizzo di agenti chimici si segnalano:

- l'edilizia e le relative attività complementari (carpenteria, tinteggiatura, impianti di acqua, gas ed elettricità ecc.);
- la pulizia professionale, soprattutto in ambienti industriali e in talune strutture in cui la qualità della pulizia è determinante, come gli ospedali;
- gli ospedali, dove si utilizza una grande varietà di agenti chimici come anestetici, sterilizzanti, citostatici ecc;
- l'industria del trattamento dei rifiuti, nella quale molto spesso gli stessi rifiuti sono o possono contenere agenti chimici e, inoltre, questi vengono intenzionalmente aggiunti al processo per ottenere i risultati desiderati;
- l'agricoltura, soprattutto intensiva, nella quale la combinazione tra uso di recinzioni chiuse o semichiuse (serre) e impiego massiccio di agenti chimici di vario tipo, in particolare pesticidi, è molto frequente.

Si segnala infine un complesso *non esaustivo* di attività «non chimiche» nelle quali l'utilizzo di agenti chimici è molto frequente:

- industria metalmeccanica,
- officine meccaniche,
- tipografie,
- drogherie,
- laboratori,
- restauro di opere d'arte,
- negozi di parrucchiere.

Agente chimico pericoloso (ACP):

i) qualsiasi agente chimico che soddisfi i criteri per la sua classificazione come sostanza pericolosa, in base ai criteri stabiliti nell'allegato VI della direttiva 67/548/CEE, indipendentemente dal fatto che la sostanza sia classificata o no in tale direttiva, differenziandosi dalle sostanze che soddisfano unicamente i requisiti per la loro classificazione come pericolose per l'ambiente;

ii) qualsiasi agente chimico che soddisfi i criteri per la sua classificazione come preparato pericoloso, nel senso della direttiva 88/379/CEE ([1]), indipendentemente dal fatto che il preparato sia classificato o no in tale direttiva, differenziandosi dai preparati che soddisfano unicamente i requisiti per la loro classificazione come pericolosi per l'ambiente;

iii) qualsiasi agente chimico che, sebbene non soddisfi i criteri per la sua classificazione come pericoloso in base ai punti i) e ii), possa costituire un pericolo per la sicurezza e la salute dei lavoratori, a causa delle sue proprietà chimico-fisiche, chimiche o tossicologiche e della forma in cui viene utilizzato o è presente sul luogo di lavoro, compreso qualsiasi agente chimico al quale sia stato assegnato un valore limite di esposizione professionale ai sensi dell'articolo 3.

([1]) Sostituita dalla direttiva 1999/45/CE.

È importante sottolineare che le proprietà tossicologiche o chimico-fisiche non sono gli unici fattori che portano a considerare gli agenti chimici come pericolosi agli effetti di questa direttiva. In questo senso, la temperatura o la pressione alla quale si trova l'agente, la sua capacità di spostare l'ossigeno o la forma fisica

2005_1599_IT.indd 6 10-10-2006 17:54:26

in cui viene utilizzato o manipolato risultano essere elementi di pericolosità, ai sensi del punto iii).

In questo modo, il vapore acqueo può costituire un rischio se si trova, per esempio, a 150°C, come anche un solido inerte sotto forma di polvere respirabile (alcuni Stati membri hanno fissato un valore limite di esposizione professionale per questo caso, considerato come *particelle non altrimenti classificate*).

Pericolo è la capacità intrinseca di un agente chimico di causare danni.

Secondo questa definizione e le definizioni precedenti, sia le proprietà intrinseche dell'agente chimico (chimico-fisiche e tossicologiche), sia il modo in cui esso viene utilizzato o è presente sul luogo di lavoro costituiscono la pericolosità dell'agente chimico, quando sono in grado di cagionare danni.

Rischio è la probabilità che la capacità di produrre danni si materializzi nelle condizioni di uso o esposizione.

Per valutare il rischio intervengono sostanzialmente due variabili: il danno e la probabilità che questo si materializzi e, quindi, si deve conoscere sia la pericolosità intrinseca dell'agente, sia le condizioni di uso e di manipolazione, comprese le misure preventive e protettive esistenti.

Si può così dire che, in presenza di acido solforico all'interno di un'impresa, vi sarà sempre un pericolo. Tuttavia, possiamo parlare di un livello di rischio quasi inesistente se l'acido solforico è contenuto in recipienti di sicurezza a tenuta stagna, se il processo è chiuso ecc.

Nel presente documento emergono altri concetti la cui definizione non compare nella direttiva 98/24/CE. Di seguito, essi vengono definiti secondo il significato con il quale sono utilizzati in queste linee direttrici pratiche.

Esposizione ad agenti chimici: qualunque situazione di lavoro in cui è presente un agente chimico e si verifica il contatto tra questo e il lavoratore, normalmente per via dermica o inalatoria.

Incidente con agenti chimici: un evento anormale durante il lavoro, che si verifica in modo improvviso e inaspettato e che provoca una brusca esposizione dei lavoratori ad agenti chimici o a energia liberata da questi.

3. MECCANISMI DI GENERAZIONE DEI DANNI PRODOTTI DAGLI AGENTI CHIMICI

Gli agenti chimici possono arrecare danno all'organismo umano sia *direttamente*, sia *generando una qualche forma di energia* capace di incidere negativamente sulla salute umana.

Nel *primo caso*, affinché un agente chimico possa nuocere direttamente all'organismo umano è condizione necessaria (ma non sufficiente) che le molecole dello stesso vengano a contatto con un punto del corpo.

Il danno si può manifestare in modo rapido, se non immediato, dopo il contatto (*effetto acuto*) oppure a lungo termine, in genere attraverso l'esposizione ripetuta nel corso del tempo (*effetto cronico*).

D'altra parte, il danno si può manifestare nel punto di contatto tra l'agente chimico e l'organismo (pelle, apparato respiratorio, apparato gastrointestinale), nel qual caso si parla di *effetto locale*, oppure si può manifestare, dopo un processo di assorbimento e distribuzione nell'organismo, in punti di quest'ultimo indipendenti dall'area di contatto (*effetti sistemici*). Esempi di effetti locali sono l'irritazione respiratoria causata dall'inalazione di ammoniaca o l'ustione della pelle causata dal contatto con acido solforico; come esempi di effetti sistemici si possono citare i danni epatici causati dall'inalazione di taluni solventi o i danni neurologici causati dall'inalazione di vapori di mercurio.

Nel *secondo* caso menzionato, il danno è cagionato dall'energia generata dall'incendio o dall'esplosione di agenti chimici capaci di dare luogo a questo tipo di fenomeno.

Gli *incendi* sui luoghi di lavoro possono causare danni gravi ai lavoratori, soprattutto se non sono state adottate idonee misure di emergenza, e quasi sempre cagionano seri danni al patrimonio dell'impresa.

Le *esplosioni* si verificano quando si determina una brusca reazione di ossidazione o scomposizione, che provoca un aumento di temperatura, di pressione o di entrambe contemporaneamente. A causa del loro carattere praticamente istantaneo, le esplosioni hanno di solito effetti molto gravi sia sulle persone sia sui beni materiali.

A causa del potenziale distruttivo delle esplosioni, l'Unione europea ha pubblicato la direttiva 94/9/CE

2005_1599_IT.indd 7 10-10-2006 17:54:26

in materia di apparecchi e sistemi di protezione utilizzati in atmosfera potenzialmente esplosiva, e la direttiva 1999/92/CE (ATEX) relativa ai lavori svolti in atmosfere esplosive, la cui guida di buone prassi è di prossima pubblicazione da parte della Commissione europea.

4. STRUTTURA DELLA GUIDA E RIFERIMENTO ALLA DIRETTIVA 98/24/CE

La tabella 1 illustra la corrispondenza tra il contenuto della guida e il testo della direttiva 98/24/CE.

5. LEGISLAZIONE COMPLEMENTARE ALLA DIRETTIVA 98/24/CE

Di seguito è riprodotto un elenco *non esaustivo* di disposizioni complementari alla direttiva 98/24/CE, applicate nell'ambito dell'Unione europea. Si possono riunire nei seguenti gruppi:

a) In materia di identificazione degli ACP

- Direttiva del Consiglio 67/548/CEE e successive modifiche e adattamenti al progresso tecnico, concernente il ravvicinamento delle disposi-

Tabella 1 – Contenuto della presente guida e relativa corrispondenza con la direttiva 98/24/CE

PARTE	CAPITOLO	TITOLO	Riferimento nella direttiva 98/24/CE
Parte I		Individuazione, valutazione e controllo dei rischi	
	1	Individuazione e valutazione dei rischi derivanti dalla presenza di agenti chimici pericolosi	Articolo 4
	2	Principi di prevenzione per l'eliminazione o la riduzione al minimo dei rischi;	Articolo 5, paragrafo 2
	3	Misure specifiche di prevenzione o protezione per il controllo dei rischi	Articolo 6, paragrafo 2
Parte II		Controllo biologico e sorveglianza sanitaria per i lavoratori esposti al piombo e ai suoi derivati ionici	Sezione 1.3 Allegato II
Parte III		Bibliografia	
Allegati			
	Allegato 1	Frasi R (rischio), S (sicurezza) e loro combinazioni	
	Allegato 2	Metodologie semplificate di valutazione dei rischi	
	Allegato 3	Esempi di applicazione dei principi preventivi e delle misure specifiche in due processi industriali	
	Allegato 4	Valutazione quantitativa dell'esposizione ad agenti chimici	
	Allegato 5	Metodi normalizzati per la misura delle concentrazioni di agenti chimici pericolosi nell'aria del luogo di lavoro in rapporto ai valori limite di esposizione professionale	Articolo 3, paragrafo 10
	Allegato 6	Schede dei metodi di analisi del piombo e dei suoi derivati ionici nell'aria e nel sangue	

2005_1599_IT.indd 8 10-10-2006 17:54:27

zioni legislative, regolamentari e amministrative relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura delle sostanze pericolose.

- Direttiva 1999/45/CE del Parlamento europeo e del Consiglio e successivi adattamenti al progresso tecnico, relativi alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura dei preparati pericolosi.

- Direttiva 91/155/CEE della Commissione modificata dalla direttiva 2001/58/CE, con le quali si definiscono e fissano le modalità del sistema di informazione specifica concernente le sostanze e i preparati pericolosi (schede informative in materia di sicurezza).

b) In materia di sicurezza chimica

- Direttiva 96/82/CE del Consiglio relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose. Successive decisioni della Commissione concernenti la sua applicazione.

- Direttiva 94/9/CE del Parlamento europeo e del Consiglio relativa al ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri in materia di apparecchi e sistemi di protezione destinati ad essere utilizzati in atmosfere esplosive.

- Direttiva 1999/92/CE relativa alle prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori che possono essere esposti al rischio di atmosfere esplosive.

c) In materia di lavori con determinati ACP

- Direttiva 2003/18/CE del Parlamento europeo e del Consiglio con la quale si modifica la direttiva 83/477/CEE sulla protezione dei lavoratori contro i rischi connessi con un'esposizione all'amianto durante il lavoro.

- Direttiva 90/394/CEE del Consiglio e successive modifiche (direttiva 97/42/CE e direttiva 1999/38/CE), in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti dall'esposizione ad agenti cancerogeni durante il lavoro.

d) In materia di trasporto di merci pericolose (MP)

- Istruzioni tecniche per il trasporto senza rischio di MP per via aerea (OACI).

- Codice internazionale marittimo delle MP (IMDG) ([1]).

- Trasporto di MP per via fluviale (ADN) ([2]).

- 97/C 267/16: proposta di direttiva del Consiglio relativa al ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri in materia di trasporto di merci pericolose per via navigabile e successive modifiche.

- Accordo europeo relativo al trasporto internazionale di MP su strada (ADR) ([3]).

- Regolamento relativo al trasporto internazionale di MP per ferrovia (RID) ([4]).

Naturalmente, anche le caratteristiche specifiche dei lavoratori particolarmente sensibili devono essere contemplate nell'applicazione della direttiva 98/24/CE, specificamente, la direttiva 94/33/CE, relativa alla protezione dei giovani sul lavoro e la direttiva 92/85/CEE, relativa all'applicazione di misure per promuovere il miglioramento della sicurezza e della salute sul lavoro della lavoratrice gestante, che abbia partorito o sia in periodo di allattamento.

Nella parte III di questo documento, relativa alla bibliografia, si possono trovare altre direttive e regolamenti complementari alla direttiva 98/24/CE.

([1]) Codice internazionale marittimo delle merci pericolose.
([2]) Raccomandazione in materia di trasporto internazionale di merci pericolose per via navigabile.
([3]) Accordo europeo relativo al trasporto internazionale di merci pericolose su strada.
([4]) Regolamento relativo al trasporto internazionale di merci pericolose per ferrovia.

2005_1599_IT.indd 9 10-10-2006 17:54:27

2005_1599_IT.indd 10 10-10-2006 17:54:27

PARTE I

2005_1599_IT.indd 12 10-10-2006 17:54:27

INDIVIDUAZIONE, VALUTAZIONE E CONTROLLO DEI RISCHI DERIVANTI DALLA PRESENZA DI AGENTI CHIMICI PERICOLOSI SUL LUOGO DI LAVORO

1. DETERMINAZIONE E VALUTAZIONE DEI RISCHI DERIVANTI DALLA PRESENZA DI AGENTI CHIMICI SUL LUOGO DI LAVORO

1.1. FONTI DI INFORMAZIONE SULLA PERICOLOSITÀ DEGLI AGENTI CHIMICI

Gli agenti chimici presenti nel luogo di lavoro possono ingenerare rischi per la salute o la sicurezza dei lavoratori a causa:

- delle loro proprietà pericolose (chimico-fisiche o tossicologiche) (es.: prodotto esplosivo o sensibilizzante);
- delle loro condizioni di temperatura o pressione sul luogo di lavoro (es.: vapore acqueo a 150°C);
- della loro capacità di spostare l'ossigeno atmosferico sul luogo di lavoro (es.: gas inerte a pressione elevata);
- della forma nella quale sono presenti sul luogo di lavoro (es.: solido inerte sotto forma di polvere respirabile).

Pertanto, per determinare la possibilità che sul luogo di lavoro insorgano rischi connessi alla presenza di agenti chimici, è necessario conoscere le proprietà pericolose degli agenti chimici, nonché il modo in cui essi vengono utilizzati o la forma nella quale sono presenti.

Le informazioni sulle proprietà pericolose degli agenti chimici presenti sul luogo di lavoro, primo passo per la valutazione di tali rischi, possono essere ottenute dalle fonti indicate di seguito:

1.1.1. Etichetta

In conformità alla legislazione derivata dalle direttive europee relative a classificazione, imballaggio, etichettatura e sistema di informazione specifica in merito a sostanze e preparati (che denomineremo prodotti chimici), tutti i recipienti dei prodotti chimici pericolosi commercializzati devono essere etichettati secondo un modello definito. Solo se il prodotto è fornito sfuso non è disponibile una simile etichetta (tuttavia, se il prodotto è stato trasportato, disporrà di un'etichetta specifica per il trasporto).

Il contenuto di questa etichetta (vedere figura I.1) consente di ottenere informazioni sui seguenti punti:

a) identificazione del prodotto chimico,

b) identificazione del produttore o fornitore,

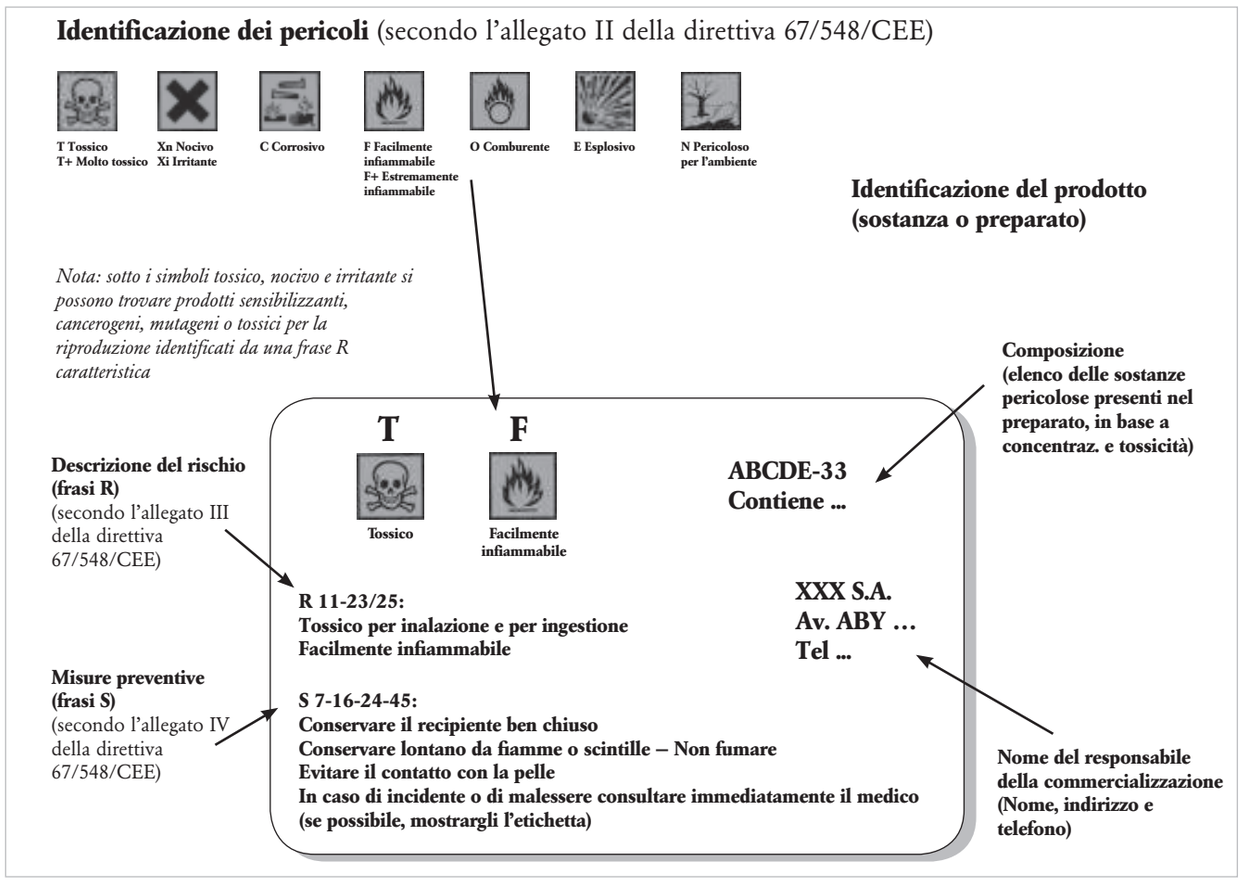
c) pericolosità intrinseca del prodotto dovuta alle sue proprietà o effetti. Essa comprende i seguenti dati:

   - classificazione del prodotto in base ad alcune categorie di pericolosità predefinite. Questa classificazione viene rappresentata mediante una combinazione di simboli e indicazioni di pericolo, che vengono illustrati nel quadro I.1. Questi simboli richiamano facilmente l'attenzione sulle caratteristiche generali di pericolosità del prodotto;
   - frasi R di rischio assegnate al prodotto, tra quelle elencate nell'allegato 1. Queste frasi descrivono gli effetti concreti del prodotto sulla salute umana e sull'ambiente o le caratteristiche pericolose per la sicurezza, e costituiscono un'informazione fondamentale da considerare nella valutazione dei rischi;

Informazioni sulla pericolosità degli agenti chimici	
Etichetta Schede inf. in materia di sicurezza	pittogrammi, frasi R e S
Raccomandazioni della Commissione europea Valori limite di esposizione professionale Altre fonti (banche dati, Internet ecc.)	

2005_1599_IT.indd 13 10-10-2006 17:54:27

Figura I.1 – Etichettatura dei prodotti chimici



- frasi S di prudenza assegnate al prodotto, tra quelle elencate nell'allegato 1. Costituiscono consigli di prudenza da considerare in rapporto alla manipolazione e all'utilizzo del prodotto.

Le informazioni contenute nell'etichetta sono riportate anche nelle schede informative in materia di sicurezza, nelle quali sono ampliate e integrate con altri dati di interesse.

1.1.2. Schede informative in materia di sicurezza

La scheda informativa in materia di sicurezza (SIS) completa l'etichetta, fornendo informazioni che potrebbero non essere contenute in quest'ultima.

Sempre in conformità alla legislazione summenzionata, il fornitore di un agente chimico pericoloso, confezionato o sfuso, deve consegnare all'utente professionale una SIS relativa al prodotto fornito. Inoltre, il fornitore di un preparato deve consegnare, previa richiesta dell'utente professionale, una scheda informativa di sicurezza qualora il prodotto non sia classificato come pericoloso, ma contenga una concentrazione individuale ≥ 1 % in peso, per i preparati che non siano gassosi, e ≥ 0,2 % in volume, per i preparati gassosi, di almeno una sostanza che risulti pericolosa per la salute o per l'ambiente, o di una sostanza per la quale esistano limiti di esposizione, sul luogo di lavoro, fissati a livello comunitario.

L'obiettivo della SIS è di informare in modo efficace ed esauriente l'utente professionale circa la pericolosità del prodotto per la salute, la sicurezza e l'ambiente e di consentire una valutazione dei possibili rischi connessi all'uso di tali agenti per i lavoratori, nonché di valutare la pericolosità di altri agenti se se ne prevede la sostituzione.

Queste schede devono essere redatte nella lingua del paese nel quale si effettua la fornitura e devono essere datate. Il contenuto delle schede dovrà essere aggiornato in funzione della disponibilità di nuovi dati e le modifiche dovranno essere comunicate al destinatario.

Le ampie informazioni contenute nelle schede informative in materia di sicurezza devono essere suddivise, in base al modello definito nella direttiva 91/155/CEE modificata dalla direttiva 2001/58/CE, nelle 16 sezioni seguenti:

2005_1599_IT.indd 14 10-10-2006 17:54:28

1. Identificazione della sostanza o preparato e della società o impresa.
2. Composizione/dati sui componenti.
3. Identificazione dei pericoli.
4. Misure di pronto soccorso.
5. Misure di lotta antiincendio.
6. Misure da assumere in caso di rovesciamento accidentale.
7. Manipolazione e stoccaggio.
8. Controllo dell'esposizione/protezione individuale.
9. Proprietà fisiche e chimiche.
10. Stabilità e reattività.
11. Informazioni tossicologiche.
12. Informazioni ecologiche.
13. Considerazioni relative allo smaltimento.
14. Informazioni relative al trasporto.
15. Informazioni regolamentari.
16. Altre informazioni.

Quadro I.1 – Classificazione, simboli e indicazioni di pericolo

Proprietà o effetti	Categorie di pericolo	Identificazione	
Chimico-fisiche	Esplosivi		
	Comburenti		
	Estremamente infiammabili		
	Facilmente infiammabili		
	Infiammabili	R10	
Tossicologiche	Molto tossici		
	Tossici		
	Nocivi		
	Corrosivi		
	Irritanti		
	Sensibilizzanti	Per inalazione	R42
		Per contatto cutaneo	R43

Proprietà o effetti	Categorie di pericolo	Identificazione	
Effetti specifici sulla salute	Cancerogeni	Cat. 1 e 2	R45 o R49
		Cat. 3	R40
	Mutageni	Cat. 1 e 2	R46
		Cat. 3	R68
	Tossici per la riproduzione	Cat. 1 e 2	R60, R61
		Cat. 3	R62, R63
Effetti sull'ambiente	Pericolosi per l'ambiente		R52, R53, R59 (1)

(1) *In questo caso, si possono utilizzare indifferentemente le frasi R o il pittogramma.*

In conformità al suo obiettivo, il complesso di dati contenuto nella SIS è essenziale per un'analisi effettiva dei pericoli associati a un certo prodotto. Per questo motivo, la SIS è la fonte di informazione base per una valutazione dei rischi connessi alla presenza di agenti chimici sui luoghi di lavoro. Nel quadro I.2 è riportato uno schema di applicazione dei dati contenuti nelle diverse sezioni della scheda.

2005_1599_IT.indd 15 10-10-2006 17:54:29

L'importanza delle schede informative in materia di sicurezza giustifica l'introduzione nell'impresa di una gestione specifica che ne consenta un migliore utilizzo e applicazione.

Nel quadro I.3 sono riassunte le diverse azioni che possono essere necessarie per una gestione corretta delle SIS. Queste azioni hanno diversi scopi:

- creare e conservare un registro aggiornato delle SIS corrispondenti ai diversi prodotti chimici utilizzati nell'impresa, mantenendo al riguardo i contatti necessari con i fornitori, anche per ricavare informazioni necessarie su prodotti per i quali non si possiedono schede;
- confrontare i dati contenuti nella SIS con le etichette dei prodotti chimici e con le condizioni del loro utilizzo nell'impresa, in ogni caso quando si tratta di una nuova SIS o di una nuova versione di SIS;
- utilizzare i dati contenuti nelle SIS nella valutazione dei rischi sui luoghi di lavoro e nelle azioni che vengano decise in merito a:
  - formazione dei lavoratori,
  - istruzioni di sicurezza,
  - informazione dei lavoratori,
  - procedure di emergenza (comprese le opportune informazioni per i servizi esterni di soccorso);
- mettere le SIS a disposizione dei servizi di medicina del lavoro affinché vengano utilizzate in rapporto alla valutazione dei rischi e alla sorveglianza sanitaria e possano fornire suggerimenti sulle procedure di emergenza;
- avere sempre a disposizione le SIS per la consultazione da parte di lavoratori o loro rappresentanti.

1.1.3. Valori limite di esposizione professionale e valori limite biologici

I valori limite di esposizione professionale e i valori limite biologici sono dei parametri di riferimento specifici, applicabili per la valutazione dei rischi dell'esposizione ad agenti chimici sui luoghi di lavoro.

I valori limite possono essere di due tipi, stabiliti tenendo conto esclusivamente di criteri sanitari o tenendo conto anche di criteri di fattibilità. Nel primo caso forniscono il riferimento per garantire la salute dei lavoratori. Nel secondo caso, che comprende i limiti degli agenti tossicogenici (cancerogeni o mutageni) forniscono il riferimento per i livelli di rischio che non devono essere mai superati. Gli elenchi dei valori limite devono distinguere in modo inequivocabile tra i due tipi di valori.

Tutti gli Stati membri dell'UE devono disporre di un proprio elenco nazionale di limiti di esposizione e di limiti biologici, secondo le disposizioni della direttiva 98/24/CE. I valori limite da utilizzare in ogni paese, per la valutazione dei rischi, sono quelli che figurano in tale elenco, che saranno applicati in base alla loro natura.

È bene ricordare che, secondo la legislazione comunitaria (98/24/CE), qualsiasi sostanza che presenti un valore limite di esposizione deve essere considerata come sostanza pericolosa. È questo il caso di certe particelle di materiali insolubili non classificabili come pericolosi per la salute. Lo stesso accade con sostanze prodotte per decomposizione o dal trattamento termico di taluni materiali, per esempio, determinate plastiche, alcuni metalli (saldatura e altre applicazioni), catrame di carbone ecc.

2005_1599_IT.indd 16 10-10-2006 17:54:29

Quadro I.2 – Applicazione della scheda informativa in materia di sicurezza ([1])

Informazioni generali	**Sezione**
– Nome del produttore e del fornitore	1
– Composizione chimica	2
– Proprietà fisico-chimiche	9

Utilizzo	**Sezione**
– Usi raccomandati e restrizioni	16
– Manipolazione e stoccaggio	7 e 15
– Protezione dell'utente	8
– Valori limite di esposizione	8 e 15
– Limiti di commercializzazione e di uso	15

Trasporto	**Sezione**
– Precauzioni e consigli	14
– Pericolosità per il trasporto	14

Pericoli	**Sezione**
– Sicurezza: infiammabilità, esplosività, reattività	3, 9 e 10
– Salute: tossicità	3 e 11
– Ambiente: ecotossicità	3 e 12

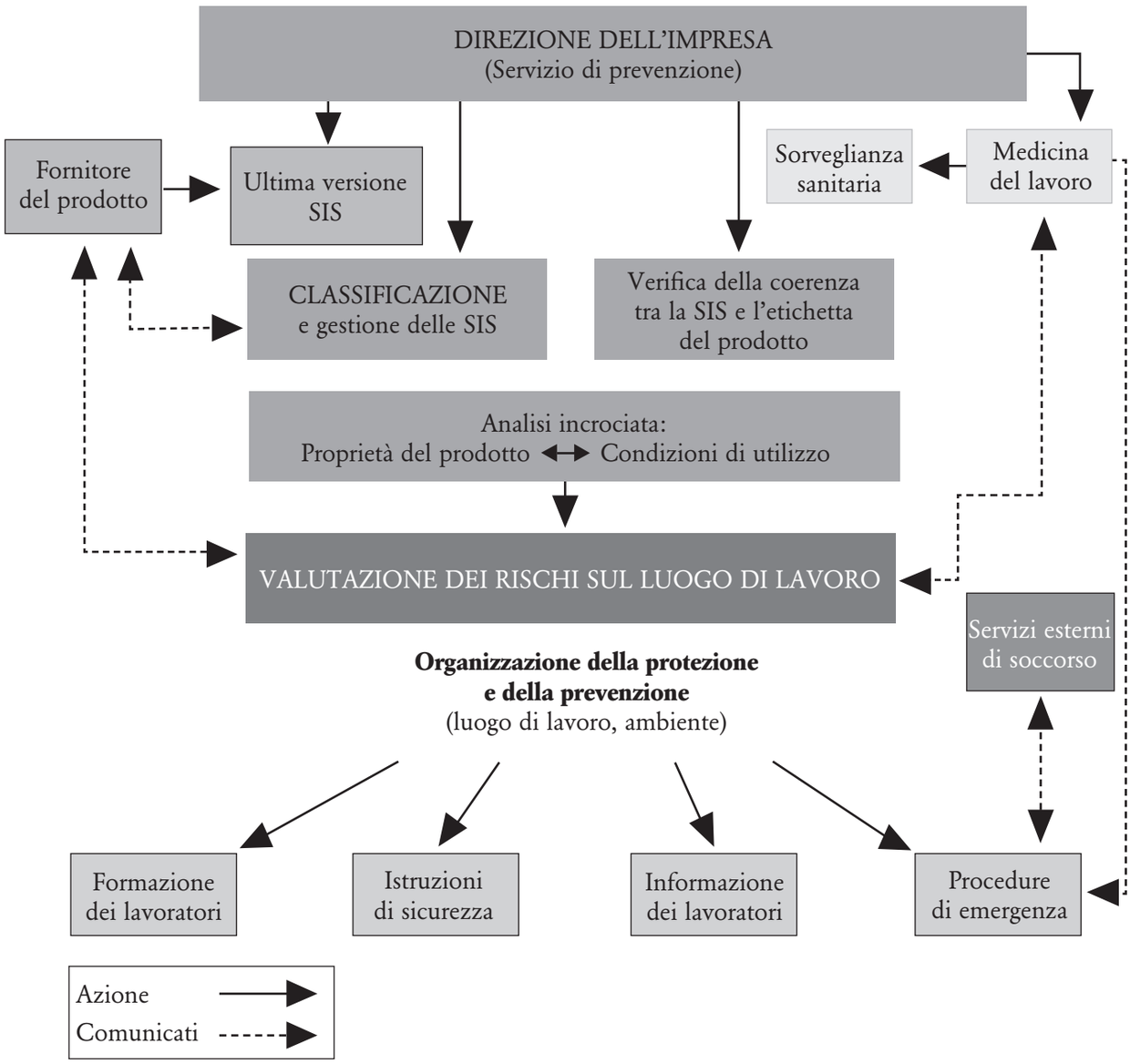
Smaltimento	**Sezione**
– Rifiuti/scarti, riciclo	13

Emergenze	**Sezione**
– Pronto soccorso	4
– Incendio	5
– Perdite/rovesciamenti	6

([1]) *Fonte:* Union des industries chimiques/DT 62.

2005_1599_IT.indd 17 10-10-2006 17:54:29

Quadro I.3 – Gestione e utilizzo della scheda informativa in materia di sicurezza ([1])



([1]) *Fonte:* Union des industries chimiques/DT 62.

1.1.4. Raccomandazioni della Commissione europea relative ai risultati della valutazione dei rischi e alla strategia di limitazione dei rischi per le sostanze

Si tratta di raccomandazioni espresse ai sensi del regolamento (CEE) n. 793/93 del Consiglio, del 23 marzo 1993, in materia di valutazione e controllo dei rischi presentati dalle sostanze esistenti e si riferiscono alle sostanze scelte come prioritarie ai fini della valutazione.

Queste raccomandazioni sono state pubblicate nella *Gazzetta ufficiale dell'Unione europea*, serie L, e devono essere riportate nelle tabelle di dati di sicurezza di questi prodotti e nelle successive versioni.

1.1.5. Altre fonti

Se le informazioni contenute nella scheda informativa di sicurezza di un prodotto risultano insufficienti per valutare correttamente i rischi della sua presenza sui luoghi di lavoro o, trattandosi di un agente non assoggettato alle disposizioni in materia di commercializzazione di prodotti pericolosi, **non è obbligatoria la consegna di una scheda informativa di sicurezza**; l'utente professionale potrà richiedere al produttore o

2005_1599_IT.indd 18 10-10-2006 17:54:30

al fornitore le informazioni necessarie, in virtù di quanto disposto al punto 3 dell'articolo 8 della direttiva 98/24/CE.

In ogni caso, è possibile ottenere le informazioni di interesse da altre fonti, come quelle indicate di seguito:

- Normativa esistente in materia di trasporto di merci pericolose su strada (ADR) ([5]), per ferrovia (RID) ([6]), per via aerea (ICAO-TI) ([7]) e per via marittima (codice IMDG) ([8]) o fluviale (ADN) ([9]). In tali norme vengono riportate classificazioni di pericolosità dei prodotti chimici e relativi simboli (pittogrammi) e indicazioni.

- Monografie e schede informative di sostanze chimiche elaborate da diversi organismi, in base alle informazioni scientifiche e tecniche esistenti, come ad esempio, le schede internazionali di sicurezza chimica, preparate sotto gli auspici di ONU ([10]), OIL ([11]) e OMS ([12]) con la collaborazione della Commissione europea, nelle quali, accanto ad altri dati rilevanti per la prevenzione dei rischi, sono raccolte informazioni relative alla tossicità della sostanza e ai limiti di concentrazione tollerabili.

- Banche dati cui si può accedere tramite CD-Rom o connessione *online*.

- Banche dati bibliografiche, nelle quali sono raccolti riassunti degli articoli pubblicati su riviste specializzate.

1.2. PROCEDIMENTI DI VALUTAZIONE DEI RISCHI

Per garantire che i rischi per la salute delle persone siano totalmente controllati, la direttiva 98/24/CE stabilisce l'obbligo per l'imprenditore di individuare la presenza di agenti chimici pericolosi sul luogo di lavoro, di eliminarli e, quando ciò non sia possibile, di *valutare i rischi* che possono ingenerare.

Obiettivo iniziale della valutazione è conoscere i rischi al fine di eliminarli. L'eliminazione dei rischi è, di fatto, il primo principio preventivo, secondo quanto dispone la direttiva quadro 89/391/CEE all'articolo 6, paragrafo 2, lettera a). Purtroppo, non è sempre possibile eliminare i rischi, pertanto la valutazione serve da base per ridurli poiché consente di definire priorità, di determinare le necessarie misure preventive e di verificare l'efficacia di quelle già esistenti.

La valutazione dei rischi è essenzialmente un processo informativo e di studio delle proprietà pericolose degli agenti chimici presenti e delle condizioni in cui si lavora con essi, per determinare i rischi esistenti, le persone esposte e gli eventuali danni che si possono verificare (compresa la possibile presenza di una suscettibilità individuale) e valutando infine la possibilità che i danni si realizzino.

In precedenza abbiamo osservato che i rischi connessi agli ACP si verificano o attraverso il contatto diretto tra l'ACP e il corpo umano, o attraverso l'azione esercitata su questo dall'*energia generata* quando l'ACP interviene in una reazione chimica, come un incendio o un'esplosione.

Si deve ritenere che i rischi da valutare, nel campo di applicazione della direttiva 94/28/CE, sono quelli derivanti dalla presenza di agenti chimici pericolosi, rischi che possono essere uno o più tra i seguenti:

– rischio di incendio e/o esplosione,

– rischio ingenerato da reazioni chimiche pericolose capaci di incidere sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori,

– rischio di inalazione,

– rischio dovuto all'assorbimento attraverso la pelle,

– rischio dovuto al contatto con la pelle o con gli occhi,

– rischio dovuto ad ingestione,

– rischio dovuto a penetrazione per via parenterale.

([5]) Accordo europeo relativo al trasporto internazionale di merci pericolose su strada.
([6]) Regolamento relativo al trasporto internazionale di merci pericolose per ferrovia.
([7]) Organizzazione dell'aviazione civile internazionale – Istruzioni tecniche.
([8]) Codice internazionale marittimo delle merci pericolose.
([9]) Raccomandazione in materia di trasporto internazionale di merci pericolose per via navigabile.
([10]) Organizzazione delle Nazioni Unite.
([11]) Organizzazione internazionale del lavoro.
([12]) Organizzazione mondiale della sanità.

2005_1599_IT.indd 19 10-10-2006 17:54:30

Un fattore di rischio da considerare, indipendentemente dalla pericolosità intrinseca dell'agente, è quello correlato ai guasti degli impianti, che possono avere conseguenze per la salute e la sicurezza dei lavoratori, sicché è bene tenere conto dei rischi chimici derivanti da tali guasti. Nella tabella I.1 sono indicati in modo schematico i possibili rischi dovuti ad agenti chimici pericolosi, oltre a un rapporto non esaustivo sulle circostanze (condizioni, proprietà, fattori ecc.) che li accompagnano.

D'altra parte, affinché compaiano danni alla salute, può essere necessario un contatto prolungato con l'ACP (da pochi minuti a diversi anni) oppure può essere sufficiente un tempo relativamente breve, se non istantaneo. Nel primo caso, si parla di rischio da esposizione e nel secondo di rischio da incidente. Date le differenze intrinseche tra le due categorie, non è possibile un trattamento unico per la valutazione dei conseguenti rischi, pertanto esse devono essere sottoposte a trattamenti separati.

Tabella I.1 – Rischi derivanti dalla presenza di agenti chimici pericolosi

Rischio	Alcuni fattori di rischio
Rischi di incendio e/o esplosione	• Stato fisico (gas, vapore, polvere fina ecc.) • Pressione/temperatura • Infiammabilità dell'agente chimico pericoloso • Potenza calorifica dei materiali • Concentrazione ambientale (limiti di infiammabilità) • Fonti di accensione (fumare, operazioni con fiamme, attrezzi, calzature, cariche elettrostatiche, reazioni chimiche esotermiche)
Rischi dovuti a reazioni chimiche pericolose	• Reattività e instabilità chimica degli agenti chimici pericolosi • Sistemi di refrigerazione insufficienti • Sistema di controllo delle variabili chiave della reazione poco affidabile (regolazione di pressione, temperatura e portata)
Rischi dovuti all'inalazione dell'agente	• Tossicità dell'agente chimico pericoloso • Concentrazione ambientale • Tempo di esposizione • Lavoratori particolarmente sensibili
Rischi dovuti all'assorbimento attraverso la pelle	• Localizzazione ed estensione del contatto dell'agente chimico con la pelle • Tossicità dell'agente chimico pericoloso per via dermica • Durata e frequenza del contatto • Lavoratori particolarmente sensibili
Rischi per via parenterale	• Tossicità dell'agente chimico pericoloso • Deterioramento della pelle • Lavoratori particolarmente sensibili
Rischi dovuti ad ingestione	• Tossicità dell'agente chimico pericoloso • Abitudini igieniche personali • Possibilità di mangiare, bere o fumare sui luoghi di lavoro • Lavoratori particolarmente sensibili
Rischi dovuti al contatto dell'agente chimico con la pelle o con gli occhi	• Gestione errata dei dispositivi di protezione individuale • Procedura di lavoro inadeguata • Sistema di travaso errato
Rischi chimici derivanti dagli impianti che possono avere conseguenze per la sicurezza e la salute dei lavoratori	• Corrosione di materiali e impianti • Assenza di mezzi per il controllo di perdite e fuoriuscite accidentali (bacini di contenimento, protezione da impatti meccanici) • Assenza di manutenzione preventiva

2005_1599_IT.indd 20 10-10-2006 17:54:30

La valutazione dei rischi può essere compiuta a livelli diversi di approfondimento. In questo senso, e in alternativa alle valutazioni dettagliate e complesse, in alcuni casi si può optare per metodologie semplificate di valutazione dei rischi. Nel quadro I.4 sono illustrate le diverse possibilità esistenti per una valutazione dei rischi dovuti ad agenti chimici.

a) La valutazione dei *rischi da esposizione* all'agente chimico pericoloso viene compiuta mediante i criteri abitualmente utilizzati dall'igiene industriale, tenendo conto delle seguenti variabili:

- le proprietà pericolose degli agenti chimici, in particolare le informazioni contenute nelle schede informative di sicurezza che il fornitore è tenuto a consegnare e i valori limite di esposizione professionale o i valori limite biologici legalmente stabiliti;
- il tipo di esposizione (dermica, inalatoria ecc.);
- la durata dell'esposizione;
- le condizioni di lavoro in rapporto a tali agenti, comprese le quantità degli stessi;
- quando sono disponibili, le conclusioni tratte dagli studi di sorveglianza sanitaria.

In genere, *la considerazione delle condizioni di lavoro deve comprendere i risultati delle misurazioni ambientali effettuate in rapporto ai valori limite di esposizione professionale*; quando viene superato un valore limite di esposizione professionale, effettivamente stabilito nel territorio di uno Stato membro, l'imprenditore deve immediatamente intervenire, tenendo conto della natura di tale limite, per porre rimedio alla situazione mediante l'adozione di misure preventive e protettive.

Tuttavia, ai sensi della direttiva 98/24/CE (articolo 6.4), è possibile non effettuare misurazioni ambientali qualora *l'imprenditore dimostri chiaramente con altri mezzi di valutazione che è stato acquisito un adeguato livello di prevenzione e protezione*. In questo senso è possibile utilizzare, in prima battuta, sistemi di valutazione semplificati come quello proposto più avanti (allegato 2, parte A). Queste metodologie semplificate presentano anche il vantaggio di consentire un'approssimazione semiquantitativa all'entità del rischio, in assenza di un valore limite di esposizione.

In ogni caso, per valutare l'esposizione per inalazione a sostanze chimiche pericolose, si può utilizzare la norma 689:1995. L'allegato 5 contiene orientamenti pratici basati su tale standard.

b) La valutazione dei rischi derivanti dalla capacità degli agenti chimici pericolosi di causare incidenti, in particolare incendi, esplosioni o altre reazioni chimiche pericolose, comprende:

- i pericoli derivanti dalla natura chimico-fisica degli agenti chimici,

Quadro I.4 – Metodologie di valutazione dei rischi dovuti alla presenza di agenti chimici pericolosi (ACP) sul luogo di lavoro

	Valutazioni semplificate	**Valutazioni complesse**
Rischi da esposizione (a)	Vedere la metodologia proposta nell'allegato 2.A	Misurazioni ambientali secondo EN 689:1995 (vedere gli allegati 4 e 5)
Rischi da incidente (b)	Vedere la metodologia proposta nell'allegato 2.B	• HAZOP ([13]) • Alberi dei guasti ([14]) • Alberi degli eventi ([15])

([13]) HAZOP (Hazard and Operability) è un metodo consistente in un esame critico, formale e sistematico di un processo o progetto ingegneristico di un nuovo impianto per valutare il rischio potenziale dell'operazione o il funzionamento errato dei singoli componenti delle apparecchiature e i loro effetti sull'impianto nel suo complesso. Questo metodo è stato sviluppato dalla ICI (Imperial Chemical Industries) nel Regno Unito, per applicarlo alla progettazione di fabbriche di pesticidi.

([14]) Il metodo di analisi degli alberi dei guasti (Fault Tree Analysis) parte dalla selezione preliminare dell'accadimento indesiderato o dell'evento che si desidera evitare (Top Event). Vengono rappresentate in modo sistematico le diverse combinazioni di situazioni che possono dar luogo a tale evento. Ogni accadimento deriva da eventi di livello inferiore, essendo il nesso di unione tra i livelli costituito dagli operatori o porte logiche «Y» o «O». L'albero dei guasti, servendosi dell'algebra di Boole, consente di conoscere «l'insieme minimo di guasti» che possono condurre all'evento indesiderato.

([15]) Gli alberi degli eventi sono un metodo induttivo che parte da un evento iniziale e, in funzione delle risposte dei diversi elementi di sicurezza inclusi nell'impianto, l'albero descrive le sequenze incidentali che possono condurre a eventi diversi.

2005_1599_IT.indd 21 10-10-2006 17:54:31

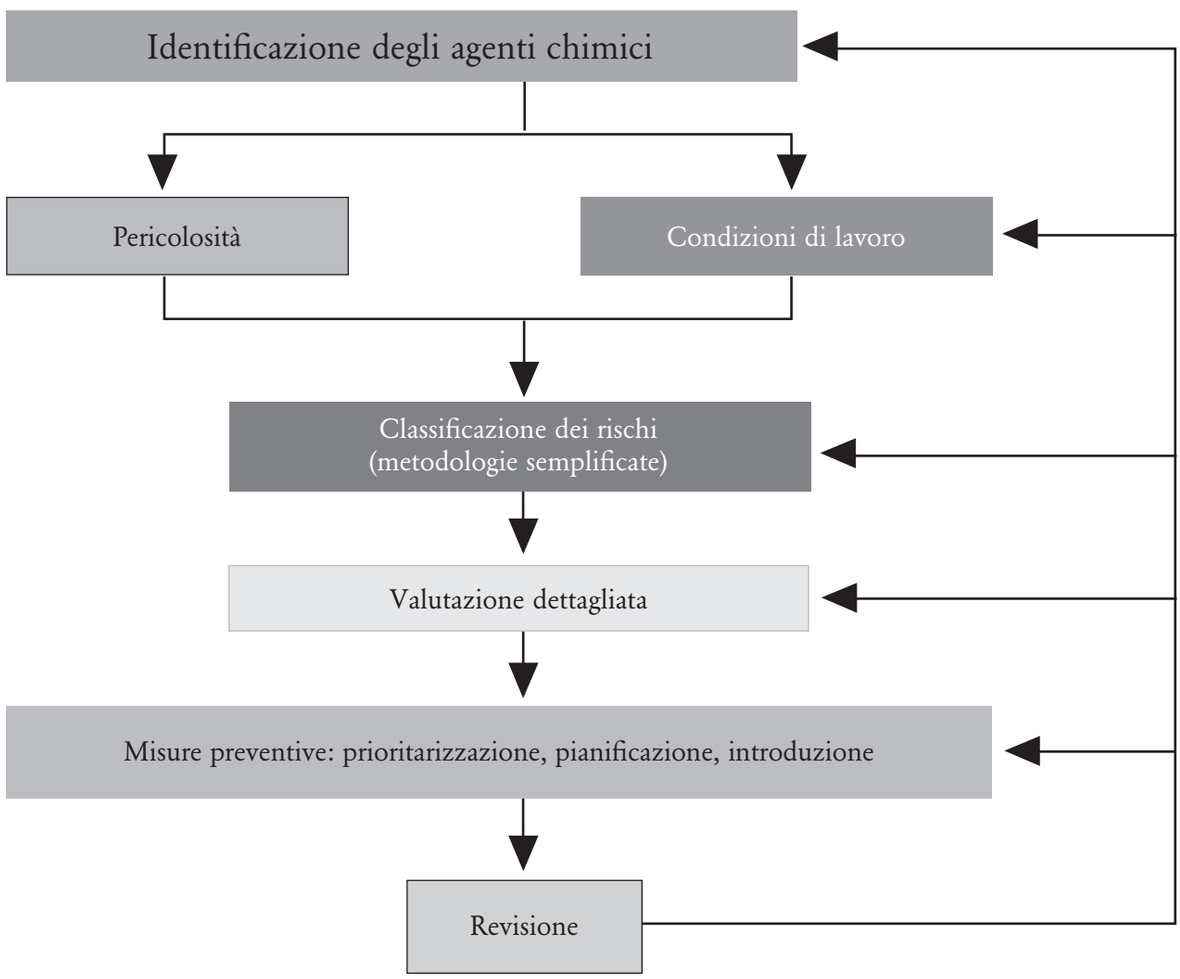
- i fattori di rischio individuati nello stoccaggio, trasporto e utilizzo degli stessi,
- le conseguenze stimate in caso di materializzazione del rischio.

Per valutare questo tipo di rischi, esistono metodologie complesse come HAZOP, alberi dei guasti, alberi degli eventi ecc., che non affrontiamo qui, essendo essi di conoscenza ed applicazione universale. Queste metodologie saranno utilizzate con i seguenti criteri:

- si impiegano quando le conseguenze della materializzazione del rischio possono rivelarsi molto gravi, tanto in perdite umane quanto in perdite materiali o ambientali, siano esse nella stessa impresa o estranee ad essa;
- richiedono una conoscenza approfondita degli impianti;
- la loro applicazione richiederà abitualmente la partecipazione di una squadra di lavoro che garantisca la conoscenza approfondita di diversi settori (processo, strumentazione, manutenzione, prevenzione, ingegneria ecc.);
- data la gravità delle possibili conseguenze, in genere l'analisi si incentra sul danno massimo che può essere cagionato dall'incidente (*top event*).

D'altro canto, è possibile avvalersi di valutazioni semplificate (come quella proposta nell'allegato 2, parte B) quando si possono ragionevolmente escludere conseguenze catastrofiche dell'incidente considerato. In genere, esse non hanno lo scopo di calcolare il valore assoluto del rischio, ma, per maggiore semplicità, consentono di ottenere solo una conoscenza approssimata dell'entità del rischio, che spesso è sufficiente per definire una gerarchia dei rischi e, di conseguenza, stabilire le priorità dell'azione preventiva.

Quadro I.5 – Diagramma di attività relativo alla valutazione dei rischi e delle azioni che ne derivano



2005_1599_IT.indd 22 10-10-2006 17:54:31

Nel quadro I.5 vengono presentate, in modo schematico e sequenziale, le diverse tappe che costituiscono la prevenzione dei rischi quando si lavora con agenti chimici pericolosi e che vengono trattate più ampiamente nella parte I di queste linee direttrici pratiche. La parte I, capitolo 1, ha affrontato l'identificazione dei rischi e gli aspetti generali relativi alla valutazione dei rischi. Nell'allegato 2 di queste linee direttrici vengono offerte due metodologie semplificate per la classificazione dei rischi (tappa consigliabile prima di procedere alla valutazione dettagliata dei rischi). Nei capitoli a seguire, 2 e 3, vengono sviluppati, rispettivamente, i principi preventivi (applicabili a qualsiasi situazione di lavoro con agenti chimici pericolosi) e le misure di prevenzione e protezione, con l'inclusione di 16 schede descrittive di questo tipo di misure.

Il diagramma segue uno sviluppo iterativo, poiché la valutazione dei rischi e l'efficacia delle misure preventive esistenti devono essere periodicamente riviste (e necessariamente ad ogni variazione negli agenti chimici o nelle condizioni di lavoro).

2. PRINCIPI GENERALI PER LA PREVENZIONE DEI RISCHI CONNESSI AGLI ACP

I principi di azione preventiva trattati in questo capitolo devono essere intesi come un'estensione di quelli menzionati ai paragrafi 1 e 2 dell'articolo 6 della direttiva 89/391/CEE, applicati alle attività in cui sono presenti agenti chimici pericolosi. Questi principi figurano nell'articolo 5 della direttiva 98/24/CE, dopo il seguente paragrafo: *«I rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori che operano con agenti chimici pericolosi sono eliminati o ridotti al minimo...»*.

L'eliminazione del rischio connesso al lavoro con un agente chimico pericoloso si verifica quando sparisce tale agente, pertanto è auspicabile sostituirlo con un altro agente chimico o con un processo che consenta di eliminare o ridurre il rischio. Quando ciò non è tecnicamente possibile o non è ragionevole, si deve ridurre il rischio applicando misure preventive o protettive. Normalmente, il risultato della valutazione del rischio e le informazioni che se ne traggono consentono di determinare le misure preventive da adottare.

I principi generali di prevenzione devono essere applicati ogni volta che si lavora con agenti chimici pericolosi, indipendentemente dal fatto che la valutazione del rischio indichi la necessità di applicare misure preventive specifiche. L'applicazione di questi principi è l'integrazione degli aspetti essenziali della prevenzione nell'organizzazione del lavoro e, in genere, si tratta di applicare la logica e il buon senso all'effettuazione dei lavori in presenza di agenti chimici pericolosi.

PRINCIPI DI ELIMINAZIONE O RIDUZIONE DEI RISCHI

- Progettazione e organizzazione dei sistemi di lavoro sul luogo di lavoro
- Fornitura di attrezzature idonee per il lavoro in presenza di agenti chimici e procedure di manutenzione in grado di garantire la salute e la sicurezza dei lavoratori
- Riduzione al minimo del numero di lavoratori esposti o che possono essere esposti
- Riduzione al minimo della durata e intensità dell'esposizione
- Misure di igiene adeguate
- Riduzione delle quantità di agenti chimici, presenti sul luogo di lavoro, al minimo necessario per il tipo di lavoro in questione
- Procedure di lavoro idonee, comprese le misure per la manipolazione, lo stoccaggio e il trasporto nel luogo di lavoro, in condizioni sicure, degli agenti chimici pericolosi e dei rifiuti contenenti tali agenti

Progettazione e organizzazione dei sistemi di lavoro

L'integrazione della prevenzione nell'attività dell'impresa inizia tenendo conto di essa fin dalla stessa progettazione dei processi produttivi: verniciare per immersione o a spruzzo, impiegare un processo chimico ad alta o bassa pressione, utilizzare uno sgrassante di un tipo o dell'altro, per esempio, si deve fare tenendo conto non solo degli aspetti tecnologici ed economici, ma anche, *nel contempo*, dei rischi derivanti per la salute dei lavoratori da ognuna delle possibili opzioni.

Sebbene la tecnologia possa condizionare e, di fatto, condizioni spesso, in parte, l'organizzazione del lavoro, questo condizionamento di regola è lungi dall'essere assoluto; vi è di solito un ampio margine di opzioni organizzative, nella cui scelta si deve tenere conto anche degli aspetti preventivi.

2005_1599_IT.indd 23 10-10-2006 17:54:31

Fornitura di attrezzature idonee per il lavoro in presenza di agenti chimici e procedure di manutenzione in grado di garantire la salute e la sicurezza dei lavoratori

Le attrezzature devono essere selezionate e installate tenendo conto della pericolosità e delle caratteristiche dell'agente che si intende utilizzare e dell'ambiente in cui sarà installato (per esempio, in attrezzature destinate alle atmosfere esplosive, si utilizzeranno sistemi di comando e attuatori totalmente pneumatici o idraulici e, qualora siano elettrici, di tipo antideflagrante). La scelta e l'acquisto delle attrezzature di lavoro devono conformarsi ai requisiti delle direttive in materia di sicurezza del prodotto che risultino applicabili al riguardo (98/37/CE, 94/9/CE ecc.), mentre l'adeguamento delle attrezzature sprovviste di marchio CE e il loro utilizzo dovranno soddisfare i requisiti della direttiva 89/655/CEE.

Le attrezzature e installazioni dalla cui idoneità e buono stato dipenda la sicurezza del processo produttivo devono assoggettarsi ad una rigorosa pianificazione di revisioni e manutenzione, con registrazione documentale della loro esecuzione.

Riduzione al minimo del numero di lavoratori esposti o che possono essere esposti

Quando il rischio non scompare, esiste la possibilità che si materializzi e si verifichi un danno (conseguenze). Un modo evidente per ridurre le conseguenze è che il numero di persone esposte al rischio sia il minore possibile. Questa misura non riduce il rischio individuale, bensì il rischio complessivo connesso al lavoro in presenza di agenti chimici pericolosi. In pratica, ciò si ottiene mediante l'organizzazione delle mansioni, in modo che vengano svolte dal numero di persone minimo indispensabile, la separazione delle aree di lavoro con agenti chimici pericolosi dal resto delle attività dell'impresa e la limitazione dell'accesso alle zone in cui sussiste il rischio.

Riduzione al minimo della durata e intensità dell'esposizione

L'esposizione a un agente chimico per via inalatoria può essere quantificata in modo semplice, moltiplicando il valore della concentrazione ambientale per il tempo di esposizione all'agente. La riduzione di una qualsiasi delle due variabili presuppone la riduzione dell'esposizione. Si raccomanda di organizzare il lavoro in modo da minimizzare il tempo di esposizione, riducendolo all'indispensabile.

Il valore della concentrazione ambientale dipende da vari fattori, tra i quali si distinguono il grado o livello di generazione dell'agente chimico e la ventilazione del luogo di lavoro.

La concentrazione ambientale di un agente chimico, generato durante il lavoro, aumenta continuamente in un luogo non ventilato. Tutti i luoghi di lavoro (e a maggior ragione quelli in cui esistono agenti chimici pericolosi) devono rispettare i requisiti minimi di ventilazione stabiliti dalla direttiva 89/654/CE.

La generazione di un agente chimico ha a che vedere con caratteristiche del processo come la temperatura o la pressione e l'energia, in generale, coinvolta. Spesso l'adeguamento di parametri come quelli menzionati ai valori che sono effettivamente necessari per il processo o, semplicemente, l'esecuzione accurata di talune operazioni manuali, già consente un notevole miglioramento delle condizioni. Esempi di simili interventi sono:

- l'adeguamento (riduzione) della pressione dell'aria addotta, impiegata in operazioni di spruzzo di vernice, solventi, sabbia ecc.;
- evitare le superfici evaporative aperte (bagni, vasche, recipienti);
- adeguare la temperatura necessaria o la densità di corrente elettrica in reazioni elettrolitiche, di bagni aperti, per ridurre l'evaporazione e il trascinamento di aerosol (nebbie);
- agire con moderazione in operazioni manuali semplici che possono contaminare facilmente (scarico di sacchi, trasporto di sacchi o vassoi aperti, pulizia delle attrezzature a scuotimento o ad aria compressa ecc.)

Misure di igiene adeguate

L'esposizione a un agente chimico può avvenire tramite contatto con la pelle. In genere, si deve evitare il contatto diretto dell'agente chimico con la pelle e si deve cercare di rimuoverlo prontamente, in caso di impregnazione accidentale. Anche gli indumenti impregnati devono essere prontamente sostituiti, poiché offrono una superficie di contatto e quindi di assorbimento dermico. D'altra parte, gli indumenti sporchi possono costituire una fonte addizionale di contaminazione.

Abitudini contrarie all'igiene più elementare, come fumare, mangiare o bere sui luoghi di lavoro, devono

2005_1599_IT.indd 24 10-10-2006 17:54:32

essere scoraggiate a maggior ragione quando si lavora con agenti chimici pericolosi, poiché favoriscono l'ingestione involontaria e sistematica di questi ultimi. Per motivi come quelli menzionati, si raccomanda di instaurare buone pratiche di igiene personale, mediante azioni come le seguenti:

- il divieto di mangiare, bere o fumare nelle zone dove possono essere presenti agenti chimici pericolosi;
- il mantenimento di un minimo di pulizia degli indumenti di lavoro e dell'uso abituale di questi al posto degli abiti civili;
- la disponibilità e l'utilizzo degli impianti per l'igiene personale, prima dei pasti e al termine della giornata;
- i prodotti per la pulizia, e per la cura delle pelle, non devono essere in nessun caso aggressivi;
- l'attenzione alle esigenze particolari delle lavoratrici gestanti o in periodo di allattamento.

D'altro canto, si raccomanda di estendere le misure di igiene ai locali e agli impianti, garantendo che le operazioni di pulizia non costituiscano un rischio addizionale per i lavoratori. Le sostanze solide sotto forma di polvere o fibre, depositate sul pavimento o altre superfici, possono tornare nell'ambiente di lavoro respirabile a causa di correnti d'aria esistenti o create dal passaggio di persone o veicoli, che a loro volta ne causano la disgregazione in particelle di minori dimensioni e ne facilitano la dispersione nell'aria, aumentando la loro concentrazione ambientale.

Le sostanze liquide rovesciate sul pavimento e sui macchinari di lavoro, nonché gli stracci o le carte impregnate, diventano fonti secondarie di generazione di agenti chimici. In questo senso, occorre sollecitare i lavoratori a mantenere pulita la loro zona di lavoro e ad evitare l'accumulo di materiali contenenti agenti chimici pericolosi.

Si raccomanda di pulire con aspirazione i luoghi di lavoro, con una frequenza adatta alla gravità del problema e da determinarsi in base alla valutazione dei rischi. Di solito, occorre pulire il pavimento con una frequenza quotidiana, affiancandovi operazioni di pulizia a maggiore profondità, estese a pareti e soffitti e in genere ai luoghi di difficile accesso.

L'eliminazione o la pulizia delle perdite deve essere effettuata, secondo i casi, con agenti assorbenti o neutralizzanti che, una volta usati, saranno depositati in contenitori per i rifiuti, per l'opportuno ritiro e, se del caso, il successivo trattamento.

Riduzione delle quantità di agenti chimici, presenti sul luogo di lavoro, al minimo necessario per il tipo di lavoro in questione

L'ampiezza e le conseguenze di un'esplosione o di un incendio possono dipendere dalla quantità di un agente chimico presente su un determinato luogo di lavoro. Anche il rischio dato dall'inalazione o dal contatto con agenti chimici è connesso alla loro quantità. Infatti, anche se la concentrazione nell'aria dipende dalle proprietà e dalle condizioni dell'agente chimico, come la volatilità e la temperatura, in generale vi è una relazione tra la concentrazione nell'aria e la quantità utilizzata sul luogo di lavoro. Sapere che la quantità è un fattore determinante per l'ampiezza del rischio è necessario se si vuole ridurre il rischio stesso al minimo possibile in ogni operazione, poiché in tal modo si può arrivare a una riduzione efficiente dell'intensità dell'esposizione. La quantità minima raccomandata di un agente chimico sul luogo di lavoro non è un valore assoluto, ma dipende dalle sue proprietà pericolose, il che ha particolare importanza, ad esempio, nel caso delle sostanze infiammabili, sensibilizzanti o cancerogene (cfr. tabelle A2.4 e A2.5 all'allegato 2).

L'uso di contenitori a bassa capacità sul luogo di lavoro e l'immagazzinaggio in aree specifiche dei contenitori ad alta capacità è una regola che può essere applicata per realizzare questo principio di prevenzione. In tal caso, il rischio derivante dall'immagazzinaggio e dal trasferimento delle sostanze chimiche non dev'essere sottovalutato (cfr. raccomandazioni alle schede 11 e 7 del capitolo 3 della parte I di queste linee direttrici).

Procedure di lavoro idonee, comprese le misure per la manipolazione, lo stoccaggio e il trasporto nel luogo di lavoro, in condizioni sicure, degli agenti chimici pericolosi e dei rifiuti contenenti tali agenti

Quando le procedure vengono correttamente elaborate, consentono di evitare esposizioni inutili, risultando tecnicamente indispensabili in alcuni casi come:

- l'effettuazione di operazioni a rischio critico. Per esempio, un'operazione sporadica che può causare una grave contaminazione ambientale si effettuerà quando l'officina non è occupata, per evitare

2005_1599_IT.indd 25 10-10-2006 17:54:32

l'esposizione di lavoratori non coinvolti direttamente nella sua esecuzione;

- in situazioni a rischio sconosciuto. Per esempio, nella realizzazione di un processo del quale non si hanno precedenti e la cui valutazione del rischio sia una stima meramente teorica. In tali situazioni, le procedure faranno parte dei permessi di lavoro, che dovranno riservare lo svolgimento di certe mansioni ai soli lavoratori qualificati;

- in operazioni nelle quali le misure preventive sono insufficienti e si può ridurre o eliminare il rischio mediante modelli di intervento prefissati. Per esempio, l'avviamento del sistema di estrazione localizzata prima di iniziare una certa operazione che lo richieda.

Nella tabella I.2 qui di seguito sono riportate alcune misure concrete, in applicazione dei principi generali di prevenzione.

L'applicazione di questi principi, insieme con le azioni di formazione e informazione richieste dalla direttiva 98/24/CE, possono ridurre in misura sufficiente i rischi di modesta entità (rischi lievi), ma, in generale, se il rischio non è stato eliminato, saranno necessarie ulteriori misure specifiche, adatte ad ogni situazione.

Nei quadri A3.1 e A3.2 dell'allegato 3 di questa guida vengono illustrati esempi nei quali si può notare la differenza tra l'applicazione di alcune regole generali, che incidono essenzialmente sull'organizzazione, e le misure preventive specifiche che si applicano in entrambi i casi.

3. MISURE SPECIFICHE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE PER IL CONTROLLO DEL RISCHIO CHIMICO

3.1. MISURE SPECIFICHE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE E RELATIVA PRIORITARIZZAZIONE

Se la strategia globale di prevenzione tramite l'applicazione dei principi generali contenuti nell'articolo 5

Tabella I.2 – Applicazione dei principi di prevenzione

PRINCIPI DI PREVENZIONE	APPLICAZIONE
Riduzione al minimo del numero di lavoratori esposti	• Limitazione dell'accesso a determinate zone, per impedire l'esposizione inutile dei lavoratori di altre postazioni di lavoro • Separazione fisica delle zone per l'effettuazione di certe operazioni
Riduzione al minimo della durata e intensità dell'esposizione	• Prevedere una ventilazione sufficiente dei locali • Adeguare le variabili del processo senza ridurre il rendimento
Misure di igiene adeguate	• Allestimento di zone per mangiare e per fumatori
Riduzione delle quantità di agenti chimici	• Disporre delle quantità di agenti chimici, indispensabili per il lavoro, sul luogo di lavoro
Fornitura di attrezzature idonee, oltre a procedure di manutenzione sicure	• Stabilire i requisiti che devono possedere le attrezzature di lavoro prima del loro acquisto e protocollare gli interventi di manutenzione
Concezione e organizzazione dei sistemi di lavoro sul luogo di lavoro	• Eliminazione o adeguamento delle operazioni in cui, pur non essendo necessario, può esservi un contatto con agenti chimici pericolosi
Procedure di lavoro idonee	• Istruzioni scritte per lo svolgimento di mansioni, descrivendo passo passo i requisiti di sicurezza di cui tenere conto • Supervisione della corretta applicazione di tali istruzioni scritte

2005_1599_IT.indd 26 10-10-2006 17:54:32

della direttiva 98/24/CE non risulta sufficiente per ridurre i rischi derivanti dalla presenza di agenti chimici pericolosi, l'imprenditore deve procedere all'applicazione delle misure specifiche alle quali si riferiscono gli articoli 6, 7 e 10. Nell'applicazione di queste misure, il datore di lavoro può tener conto degli orientamenti di cui alla tabella I.3, che si applicano:

- allo stesso agente chimico,
- al processo,
- al luogo di lavoro e/o
- al metodo di lavoro.

In alcuni casi, queste misure consentono di eliminare il rischio, mentre altre ne consentono solo la riduzione o mirano alla protezione del lavoratore. La tabella I.3 riassume le principali misure specifiche applicabili, dando la priorità a quelle che eliminano il rischio rispetto a quelle che si limitano a ridurlo e a queste ultime rispetto a quelle che hanno lo scopo di attenuare le conseguenze della materializzazione del rischio e di proteggere il lavoratore. Pertanto, *la priorità della misura preventiva viene ordinata in varie file e, all'interno di ogni fila, da sinistra a destra*.

Di seguito, si forniscono brevi indicazioni sull'utilizzo di ognuna di queste misure, mediante schede riassuntive accompagnate, in alcuni casi, da illustrazioni sul retro. Alcune delle soluzioni fornite da queste schede corrispondono alle strategie di controllo COSHH Essentials. Per esempio, la scheda 6 relativa all'estrazione localizzata corrisponde al livello 2 della strategia di controllo COSHH Essentials, mentre la scheda 5 relativa al confinamento corrisponde al livello 3.

Tabella I.3 – Misure specifiche di prevenzione e relativa prioritarizzazione

Priorità	**Obiettivo**	**Ambito di applicazione**			
		Agente chimico	***Processo o impianto***	***Luogo di lavoro***	***Metodo di lavoro***
1	*Eliminazione del rischio*	• Sostituzione totale dell'agente chimico	• Modifica del processo • Utilizzo di attrezzature intrinsecamente sicure ([1])		• Automazione
2	*Riduzione/ Controllo del rischio*	• Sostituzione parziale dell'agente • Cambiamento di forma o di stato fisico ([2])	• Processo chiuso • Estrazione localizzata	• Stoccaggio • Segregazione di reparti sporchi • Ventilazione per diluizione • Prevenzione di incendi	• Manipolazione sicura • Trasporto interno sicuro
3	*Protezione del lavoratore*			• Unità lavaocchi e docce • Protezione antincendio • Prevenzione e protezione da esplosioni	• DPI per protezione respiratoria, dermica od oculare

([1]) Applicabile per eliminare il rischio di incendio o esplosione.
([2]) Per esempio, la manipolazione di un materiale solido per via umida, sotto forma di pasta o gel, o il suo incapsulamento può ridurre il rischio da inalazione.

2005_1599_IT.indd 27 17-10-2006 15:03:10

1. SOSTITUZIONE (TOTALE O PARZIALE) DELL'AGENTE CHIMICO

Descrizione

Ai sensi dell'articolo 6, paragafo 2 della direttiva 98/24/CE, la sostituzione dell'agente chimico pericoloso deve essere la misura preferibile per l'eliminazione o riduzione del rischio chimico. Tuttavia, la sostituzione presenta due problemi principali, che ne rendono spesso difficoltosa l'applicazione.

1) Non è facile trovare agenti chimici che siano tecnicamente validi come sostituti.

2) Anche i sostituti tecnicamente validi possono presentare un certo grado di pericolosità, che deve essere considerato.

La soluzione alla prima difficoltà dipende dalle caratteristiche tecniche del processo. Il secondo problema si può risolvere con alcuni dei metodi esistenti in merito alla sostituzione di sostanze chimiche, come quello elaborato dal BIA (*Berufsgenossenschattliches Institut für Arbeitssicherheit*), che viene illustrato più sotto.

Ambito di applicazione

- Esiste un sostituto tecnicamente valido.

- La sua pericolosità è inferiore a quella dell'agente chimico impiegato.

Basi di progetto

Il BIA ha elaborato un metodo per la valutazione di sostituti il cui utilizzo è raccomandato nei casi in cui non si dispone di informazioni specifiche riguardo a quale sia il sostituto più idoneo dal punto di vista della sicurezza e della salute.

Il metodo si basa sull'analisi della pericolosità dell'agente chimico sostitutivo, mediante le frasi R che gli sono state assegnate (tabella I.4). In funzione di tali frasi, l'agente chimico inizialmente utilizzato e il suo potenziale sostituto devono situarsi in una delle caselle di ognuna delle cinque colonne della tabella allegata. Il sostituto sarà idoneo se presenta un rischio minore rispetto all'agente originariamente impiegato, in *ognuna delle colonne*.

Esempio di applicazione: in un processo si desidera sostituire il benzene con il toluene. Il processo è di tipo chiuso, tuttavia esistono possibilità di esposizione durante il prelievo dei campioni.

Le frasi R applicabili al benzene sono: R11, R45, R48/23/24/25.

Le frasi R applicabili al toluene sono: R11, R20.

Il toluene sarebbe un sostituto adatto per il benzene, purché, in tutte le colonne, esso resti uguale o al di sotto di quello, come risulta nella tabella.

Esempi di sostituzione di sostanze

Nella storia dell'igiene industriale abbondano gli esempi di sostituzioni effettuate con successo. Un esempio classico è la sostituzione del fosforo bianco con il fosforo rosso nella fabbricazione dei fiammiferi, sebbene si debba sottolineare che tale sostituzione ebbe luogo in risposta a un problema fiscale e non per ridurre i rischi del processo produttivo, cosa che comunque si ottenne efficacemente. Nel campo della sgrassatura si è verificata una serie di sostituzioni ben note: dalla nafta di petrolio al tetracloruro di carbonio, che successivamente ha ceduto il passo agli idrocarburi alogenati, sostituiti infine dai fluorurati.

Altre sostituzioni efficaci si sono avute nel campo degli abrasivi, dove la silice cristallina è stata sostituita da composti sintetici come il carborundum, a pericolosità molto bassa. Lo stesso si può dire nel campo della verniciatura, dove i solventi sono stati progressivamente sostituiti, in molte applicazioni, dall'acqua, che non solo è meno tossica, ma è anche molto più economica.

2005_1599_IT.indd 28 10-10-2006 17:54:33

Livello di rischio	Rischio acuto per la salute	Rischio cronico per la salute	Rischio di incendio ed esplosione	Esposizione potenziale	Pericoli associati al processo
Molto elevato		Benzene (R45)			
Elevato	Benzene (R25)		Benzene, Toluene (R11)	Benzene (pressione del vapore: 100 hPa)	
Medio	Toluene (R20)			Toluene (pressione del vapore: 29 hPa)	Benzene, toluene
Basso					
Trascurabile					

2005_1599_IT.indd 29 10-10-2006 17:54:34

Tabella I.4 – Modello di colonne (*)

Livello di rischio	Rischio acuto per la salute	Rischio cronico per la salute	Rischi di incendio ed esplosione	Esplosione potenziale	Pericoli associati al processo
Molto elevato	R26, R27, R28, R32	R45, R46, R49 (*) Preparati contenenti più dello 0,1 % di sostanze cancerogene delle categorie 1 o 2	R2, R3, R12, R17	Gas Liquidi con pressione del vapore superiore a 250 hPa Solidi che producono polvere Aerosol	Processo aperto Possibilità di contatto diretto con la pelle Applicazione in un'area di grandi dimensioni
Elevato	R23, R24, R25, R29, R31, R35, R42, R43 Sensibilizzanti della pelle o dell'apparato respiratorio Preparati contenenti sensibilizzanti dermici o respiratori in concentrazione superiore o uguale all'1 % (nel caso dei gas, allo 0,2 %)	R40, R60, R61, R68 Preparati contenenti sostanze tossiche per la riproduzione in concentrazioni superiori allo 0,5 % (nel caso dei gas, allo 0,2 %) Preparati contenenti più dell'1 % di sostanze tossiche per la riproduzione di categoria 3	R1, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R11, R14, R15, R16, R18, R19, R30, R44	Liquidi con pressione del vapore compresa tra 50 e 250 hPa	
Medio	R20, R21, R22, R34, R41, R64 Asfissianti semplici	R62, R63 Preparati contenenti più del 5 % (nel caso dei gas, più dell'1 %) di sostanze tossiche per la riproduzione di categoria 3	R10	Liquidi con pressione del vapore compresa tra 10 e 50 hPa (eccetto l'acqua)	(*) Processo chiuso ma con possibilità di esposizione durante il riempimento, il prelievo di campioni e la pulizia
Basso	R36, R37, R38, R65, R66, R67 Problemi dermici durante il lavoro in ambienti umidi		Sostanze poco infiammabili (punto di infiammabilità tra 55 e 100°C)	Liquidi con pressione del vapore compresa tra 2 e 10 hPa	
Trascurabile	Agenti chimici non pericolosi		Sostanze non infiammabili o ad infiammabilità molto bassa (punto di infiammabilità superiore a 100°C)	Liquidi con pressione del vapore inferiore a 2 hPa Solidi non polverulenti	Attrezzatura stagna Attrezzatura chiusa con estrazione nei punti di emissione

(*) Nella tabella non è riprodotta la colonna relativa alla pericolosità per l'ambiente, poiché la sua valutazione deve essere effettuata tenendo conto delle legislazioni nazionali degli Stati membri.

2005_1599_IT.indd 30 10-10-2006 17:54:34

2. UTILIZZO DI ATTREZZATURE INTRINSECAMENTE SICURE

Descrizione

- Consiste nell'acquisire attrezzature progettate e costruite con criteri di sicurezza intrinseca, il cui produttore abbia previsto che saranno utilizzate per la trasformazione o il travaso di prodotti con determinate proprietà chimico-fisiche (corrosività, infiammabilità) o in condizioni di lavoro particolarmente aggressive (es.: per l'uso in ambienti corrosivi o molto umidi) o pericolose (es.: in atmosfere potenzialmente infiammabili o esplosive). Il marchio «CE» dell'attrezzatura garantisce tali prestazioni.

- Dovranno essere rispettati criteri analoghi qualora il risultato della valutazione del rischio dimostri la necessità di adeguare attrezzature già installate e in uso.

Ambito di applicazione

- Quando si prevede che i prodotti manipolati o trasformati con queste attrezzature, per la loro pericolosità intrinseca (infiammabilità o esplosività) o per le caratteristiche particolarmente aggressive dell'ambiente in cui sono installate (corrosività, atmosfere potenzialmente infiammabili o esplosive) possano:

  – danneggiare l'attrezzatura o qualche suo componente, riducendone la sicurezza e mettendo in pericolo i lavoratori,

  – produrre deflagrazioni o esplosioni che mettano in pericolo i lavoratori.

- Nel caso di sostanze infiammabili ed esplosive, quando non si garantisce, mediante altre azioni tecnico-preventive (es.: ventilazione) che l'atmosfera di lavoro permanga nettamente al di sotto del limite inferiore di infiammabilità (LII) e del limite inferiore di esplosività (LIE).

Fondamento tecnico

- Le attrezzature utilizzate nella manipolazione o per il travaso di liquidi pericolosi devono offrire la resistenza fisica e chimica adeguata alle sollecitazioni e alle condizioni di lavoro necessarie.

  La struttura dei reattori deve facilitare le operazioni di prelievo campioni, la lettura degli strumenti di misura e le operazioni di carico e svuotamento manuale dei prodotti in modo sicuro. Per quanto possibile, si utilizzeranno sistemi chiusi.

  In caso di eventuali guasti (interruzione dell'alimentazione elettrica, guasti di dispositivi di controllo e regolazione delle apparecchiature ecc.) dovranno essere disponibili i mezzi di sicurezza necessari che consentano la loro identificazione e la conduzione del processo in condizioni sicure.

  Operazioni su apparecchiature nelle quali possono verificarsi spandimenti devono disporre di sistemi di raccolta e scarico in luogo sicuro, che consentano una facile pulizia.

- Le macchine destinate all'uso in atmosfere potenzialmente infiammabili o esplosive devono essere alimentate da energie sicure (sistemi e dispositivi di comando totalmente pneumatici o idraulici). Se si utilizzano apparecchiature elettriche, queste devono essere di tipo antideflagrante, (Ex) o (EEx). In ogni caso, saranno conformi alle disposizioni delle direttive 94/9/CE e 98/37/CE.

Manutenzione

È necessario un programma di manutenzione preventiva e, quando possibile, di manutenzione predittiva, che garantisca la durevolezza delle prestazioni iniziali dell'attrezzatura, riguardo ad affidabilità e sicurezza. A tale scopo, si devono rispettare le istruzioni del produttore, contenute nel manuale di istruzioni e, in assenza di questo o a sua integrazione, le pratiche del buon professionista.

Verifica dell'efficacia

- Si deve controllare l'esecuzione degli interventi di manutenzione necessari e previsti, che devono essere annotati in un apposito registro, specificando i relativi risultati, i necessari miglioramenti da apportare, i termini e i responsabili dell'esecuzione, nonché i responsabili della verifica della loro efficacia.

- Si devono programmare ispezioni di sicurezza complementari al programma di manutenzione instaurato, allo scopo di rilevare eventuali anomalie o malfunzionamenti dell'attrezzatura che possano mettere in pericolo i lavoratori.

2005_1599_IT.indd 31 10-10-2006 17:54:34

3. AUTOMAZIONE

Descrizione

L'automazione consiste nel sostituire, in un processo produttivo, l'operatore umano con dispositivi meccanici o elettronici. In questo modo, le persone che lavorano cessano di essere a contatto con gli agenti chimici pericolosi (finisce l'esposizione) o sono a contatto per meno tempo (diminuisce l'esposizione) o si allontanano dalle fonti (diminuisce l'intensità). L'automazione comporta modifiche al processo e può essere parziale o totale. L'automazione totale consente di fare a meno della presenza umana, tranne che per le operazioni di manutenzione o gli interventi puntuali.

Esempi

- L'utilizzo di sistemi robotizzati nelle operazioni di verniciatura a spruzzo, sostituendo i verniciatori, elimina l'esposizione umana in un ambiente di lavoro generalmente molto contaminato, sia da solventi organici della vernice sia da ossidi di metalli costituenti i pigmenti.

- Il processo di cromatura elettrolitica, che tradizionalmente comportava l'esposizione al cromo VI, può essere parzialmente automatizzata (utilizzo di paranchi per l'alimentazione e lo scarico delle vasche), così da accrescere la distanza tra i lavoratori e le fonti di contaminazione, oppure automatizzando totalmente la linea di cromatura, in modo da evitare l'esposizione al cromo esavalente.

2005_1599_IT.indd 32 10-10-2006 17:54:35

4. CAMBIAMENTO DI FORMA O DI STATO FISICO

Descrizione

Quando si utilizzano sostanze in polvere, la loro tendenza a disperdersi nell'ambiente (e quindi il rischio associato al loro uso) può essere ridotta in modo apprezzabile modificandone la forma fisica e utilizzandola in granuli, granulato o in altre forme simili più compatte.

Esempi

- Incapsulamento di enzimi o prodotti fitosanitari
- *Pellet* e scaglie invece di prodotti polverulenti

2005_1599_IT.indd 33 10-10-2006 17:54:35

5. PROCESSO CHIUSO O CONFINAMENTO

Descrizione

- Confinare l'intero processo o alcune operazioni particolarmente contaminanti è una buona soluzione quando si tratta di agenti chimici di pericolosità media o alta.
- Confinare il processo consiste nell'utilizzare un involucro fisico stagno o quasi stagno, al cui interno si svolgono, senza partecipazione umana diretta, le operazioni proprie del processo.

Ambito di applicazione

- Processi continui o no, del tipo di quelli abituali dell'industria chimica, farmaceutica o alimentare.
- Operazioni molto contaminanti, quando fanno parte di un processo poco contaminante.

Basi di progetto

I processi chiusi presentano una certa complessità progettuale, poiché richiedono l'installazione di molti elementi per consentire l'avvio e l'arresto del processo, i quali però non hanno alcuna funzione durante il funzionamento ordinario. Un esempio di ciò è rappresentato dai vasi di espansione o dalle valvole che si utilizzano unicamente per il riempimento iniziale o per lo svuotamento dei circuiti o gli elementi che hanno la sola funzione di facilitare l'effettuazione delle riparazioni.

Nel confinamento di operazioni specifiche si devono rispettare gli stessi principi utilizzati per la progettazione delle cappe di estrazione localizzata:

- cappe che racchiudono al massimo la fonte,
- cappe situate il più vicino possibile alla fonte senza ostacolare il lavoro,
- la velocità nel condotto deve essere adeguata per evitare l'accumulo delle particelle o della polvere estratta.

Il progetto del confinamento deve prestare particolare attenzione ai problemi di elettricità statica, nel travaso di liquidi infiammabili, e alla possibile formazione di atmosfere esplosive nei punti del processo in cui ciò può avvenire.

Manutenzione e verifiche

Nel caso di processi chiusi, si deve prestare attenzione essenzialmente a tre tipi di problemi:

- perdita di impermeabilità: perdite di sostanze che si possono verificare nelle discontinuità del sistema, in particolare nelle valvole, flange, giunti, chiusure di pompe, punti di prelievo campioni ecc.;
- controllo dell'elettricità statica: mediante procedure di lavoro che ne minimizzino la generazione e l'uso sistematico di messe a terra;
- controllo delle atmosfere infiammabili: è molto importante controllare l'esistenza di atmosfere infiammabili (che possono dar luogo a esplosioni devastanti), mediante l'impiego di strumenti che consentano di rilevarne l'esistenza (esplosimetri) ed elementi protettivi (vedere la guida ATEX).

Esempi di applicazione

Il confinamento dell'intero processo è la modalità di lavoro abituale nell'industria di processo (chimica, alimentare, farmaceutica), dove si maneggiano grandi quantità di agenti chimici e almeno alcuni di essi hanno una notevole pericolosità. In questi casi gli agenti chimici vengono conservati in permanenza in contenitori chiusi (reattori, scambiatori di calore ecc.) e vengono spostati da un contenitore all'altro mediante tubazioni stagne.

Il confinamento specifico di certe operazioni è una misura abituale, che si adotta agli ingressi e alle uscite dai processi (alimentazione di materie prime, estrazione di prodotto ecc.) e quando un'operazione è molto contaminante, ma fa parte di un processo le cui rimanenti operazioni non contaminano. Il dosaggio di farmaci citostatici in un ospedale o la verniciatura di carrozzerie di automobili, nella catena di produzione di queste ultime, sono esempi di questo tipo di operazioni. In genere, il confinamento di questo tipo di operazioni deve essere integrato dall'utilizzo dell'estrazione localizzata.

2005_1599_IT.indd 34 10-10-2006 17:54:35

Retro scheda n. 5 (Confinamento o processo chiuso)

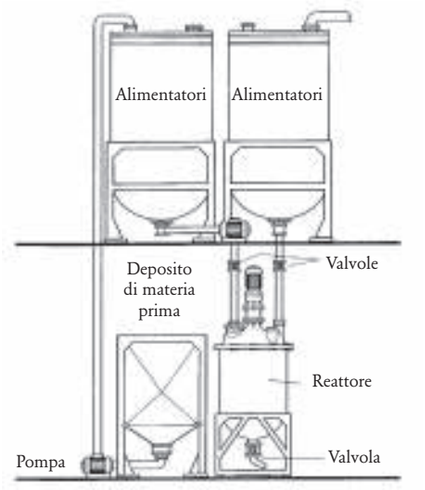


Figura I.2 – Processo chimico chiuso (*)

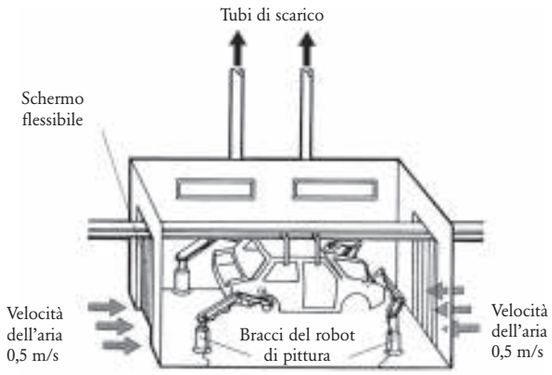


Figura I.3 – Tunnel di verniciatura (*)

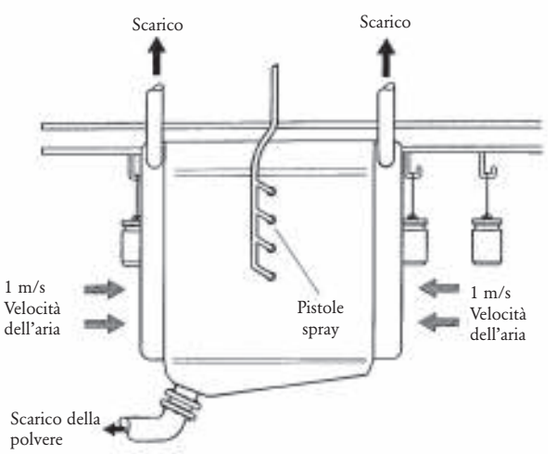


Figura I.4 – Cabina di verniciatura elettrostatica (*)

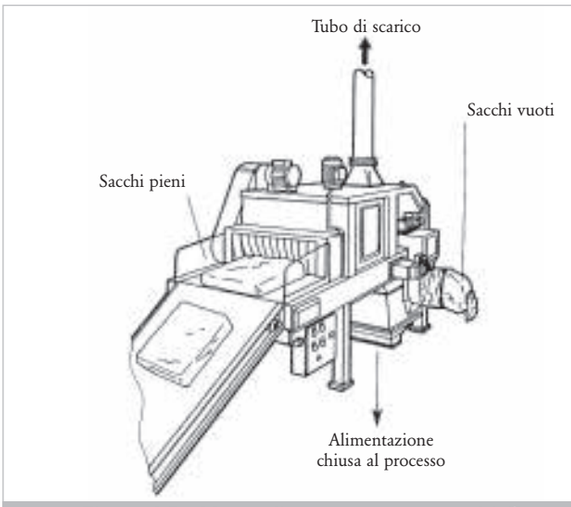


Figura I.5 – Vasca di svuotamento sacchi (*)

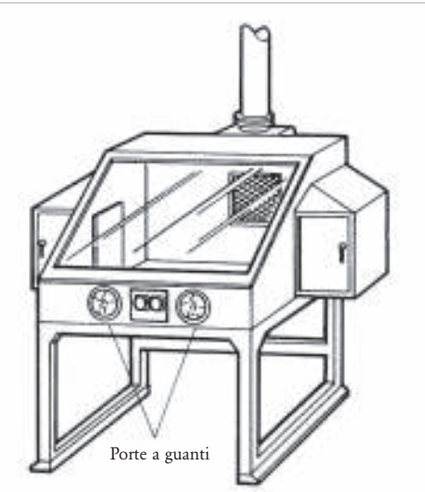


Figura I.6 – Cabina di laboratorio (*)

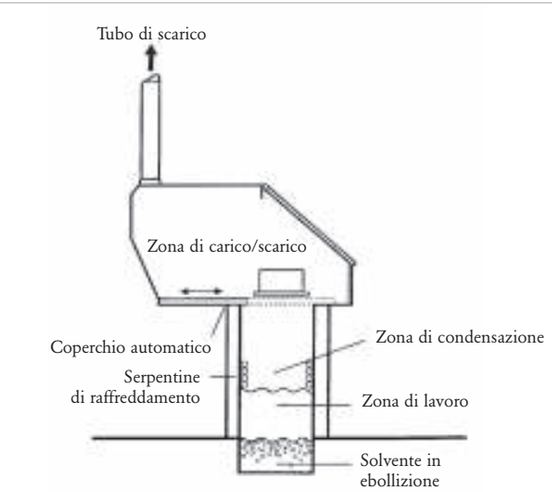


Figura I.7 – Vasca di sgrassatura in fase vapore (*)

(*) Adattato da *COSHH Essentials*, HSE, 1999.

2005_1599_IT.indd 35 10-10-2006 17:54:37

6. ESTRAZIONE LOCALIZZATA

Descrizione

- L'estrazione localizzata crea, mediante aspirazione, una corrente d'aria per catturare i contaminanti ambientali nelle immediate vicinanze della fonte che li genera.
- L'aspirazione viene effettuata il più vicino possibile alla fonte di emissione.
- Impedisce che il contaminante si disperda nell'ambiente e pertanto evita concentrazioni pericolose in caso di esposizione inalatoria o qualora la sostanza si avvicini al limite inferiore di infiammabilità (LII) o di esplosività (LIE).
- Quando l'opzione è disponibile, si raccomanda che l'estrazione localizzata sia fornita dallo stesso produttore dell'attrezzatura, come avviene tipicamente per certi tipi di macchine, per esempio quelle dell'industria del legno. Lo stesso si può dire per certi attrezzi portatili che possono produrre polvere, come le mole, le seghe portatili ecc.

Ambito di applicazione

- Per qualsiasi livello di tossicità delle sostanze.
- Esistono poche fonti di emissione e se ne conosce l'ubicazione.
- La quantità di contaminante generata è elevata.
- I lavoratori si trovano in prossimità delle fonti.
- La dispersione del contaminante generata non è uniforme.

Requisiti di progetto

- I suoi componenti sono: cappe, condotti, depuratori e ventilatori (figura I.8).
- Deve essere progettato e installato da uno specialista. Alcuni requisiti generali del progetto sono:
  - cappe che racchiudano al massimo la fonte,
  - cappe situate il più vicino possibile alla fonte, senza ostacolare il lavoro,
  - la velocità dell'aria, nelle immediate vicinanze della fonte, deve essere scelta tenendo conto delle caratteristiche del contaminante e del movimento dell'aria nella zona,
  - la corrente di aspirazione non deve portare il contaminante verso la zona di respirazione del lavoratore,
  - la velocità nel condotto deve essere adeguata per evitare l'accumulo delle particelle o della polvere estratta,
  - il ventilatore deve essere scelto secondo la portata d'aria da far circolare e secondo la perdita di carico del sistema.
- Il locale deve possedere un'alimentazione di aria forzata o alcuni ingressi di aria esterna che possano fornire una portata d'aria esterna pari o superiore a quella aspirata dal sistema di estrazione localizzata.

Manutenzione e verifiche

- Verifica della velocità di cattura nei punti di generazione dei contaminanti. Questa verifica può essere quantitativa (anemometri) o qualitativa (tubi di fumo o simili).
- Verifica della portata aspirata da ogni cappa (normalmente mediante misura della pressione statica nella cappa o della velocità nel condotto dopo la cappa).
- Verifica dell'integrità fisica delle cappe e dei condotti. Non devono esistere fessure, rotture, tubi scollegati, flange allentate, accumulo di sporcizia nei condotti o nei filtri ecc.
- Verifica della pressione in punti significativi del circuito (raccordo delle cappe con i condotti, ingresso e uscita del depuratore, se presente, e ingresso del ventilatore).
- Verifica del ventilatore e dei suoi elementi meccanici (carcassa, girante, motore, cuscinetti, cinghie di trasmissione ecc.).
- L'utente NON DEVE modificare il sistema senza la previa approvazione del progettista del sistema. In particolare, non si devono aggiungere nuove derivazioni in occasione dell'installazione di macchine addizionali.

Esempi di applicazione

Cappa da laboratorio (figura I.9), saldatura (figura I.10), vasche di trattamento di metalli (figura I.11), banchi da lavoro per varie operazioni, come sbavatura di pezzi (figura I.12), cabine di verniciatura (figura I.13) ecc.

2005_1599_IT.indd 36 10-10-2006 17:54:37

Retro scheda n. 6 (Estrazione localizzata)

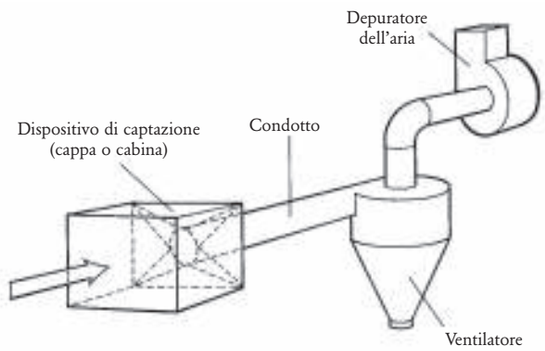


Figura I.8 – Elementi di un sistema di estrazione localizzata

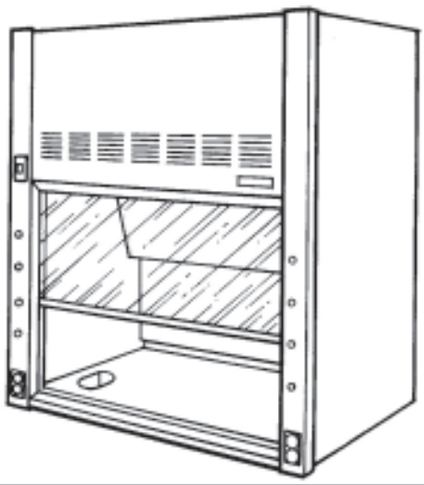


Figura I.9 – Cabina di laboratorio (*)

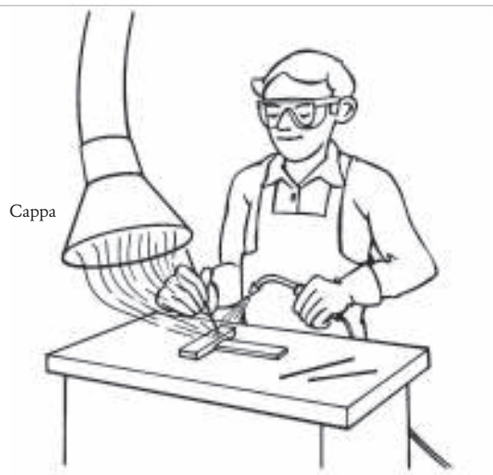


Figura I.10 – Operazione di saldatura
Cappa con braccio orientabile

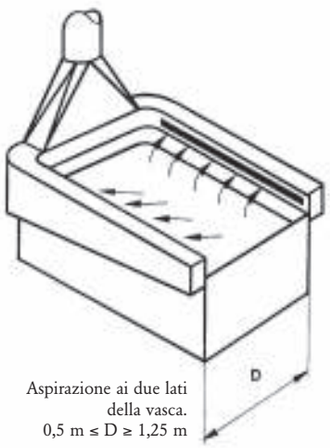


Figura I.11 – Vasca di trattamento elettrolitico con aspirazione su due lati

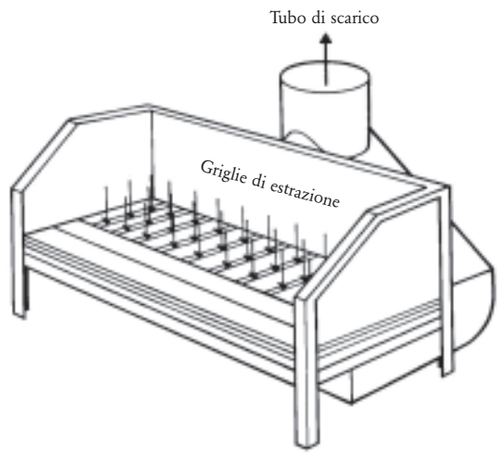


Figura I.12 – Banco di lavoro con estrazione

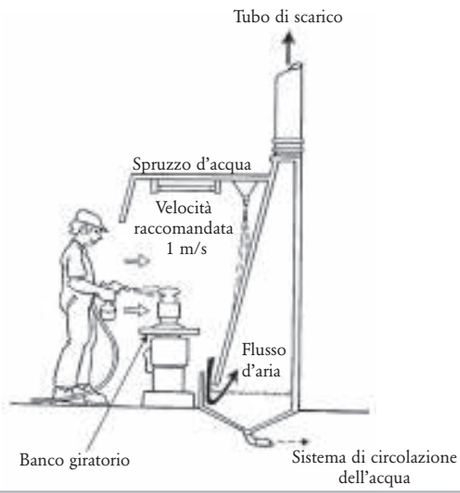


Figura I.13 – Cabina di verniciatura (*)

(*) Adattato da *COSHH Essentials*, HSE, 1999.

2005_1599_IT.indd 37 10-10-2006 17:54:38

7. STOCCAGGIO SICURO DI AGENTI CHIMICI PERICOLOSI

Descrizione

- L'imprenditore ha la responsabilità di garantire la conservazione sicura degli ACP esistenti nell'impresa, in un recinto specifico esclusivamente destinato allo stoccaggio oppure in quelle situazioni che, per esigenze di processo, richiedano la presenza di ACP sul luogo di lavoro.

- L'addetto al magazzino o il responsabile dell'area di processo dove sono conservati gli ACP devono disporre delle informazioni fornite dal produttore o distributore di ogni singolo ACP (SIS, etichette) o di qualsiasi altra provenienza, relative alle proprietà degli ACP, e trasmetterle in modo chiaro e preciso ai lavoratori esposti agli stessi. In base alle suddette informazioni, egli deve instaurare procedimenti di lavoro e controllarne il rispetto; verificare il perfetto stato di imballi o recipienti contenenti tali ACP; elaborare e tenere costantemente aggiornato il piano di stoccaggio ed elaborare e aggiornare il piano di emergenza del magazzino.

- I lavoratori devono rigorosamente applicare i procedimenti di lavoro stabiliti, informare immediatamente il responsabile degli eventuali incidenti o anomalie che si verificano nello svolgimento del loro lavoro e utilizzare le API prescritte.

Gestione degli stock e organizzazione del magazzino

- Il piano di stoccaggio deve consentire di conoscere con rapidità e precisione la natura degli ACP immagazzinati, la loro quantità e localizzazione nel magazzino, per agire con prontezza ed efficacia in caso di incidente (perdita, fuoriuscita, incendio ecc.). Esso deve essere costantemente aggiornato mediante una registrazione documentale di ingressi e uscite.

- Dal punto di vista preventivo, la misura principale è il mantenimento degli stock di ACP al livello minimo possibile. Una volta accettato e adottato questo principio, la sicurezza del magazzino richiede l'applicazione di alcune misure fondamentali, tra le quali si possono ricordare:

  – Ubicazione sicura dei magazzini. Lontani dalle aree di processo o da altre dipendenze a rischio dell'impresa (impianto di trasformazione, centrale elettrica ecc.), oltre che da possibili ingerenze esterne (inondazioni, sabotaggi ecc.).

  – Prodotti raggruppati per comunanza di rischio, evitando lo stoccaggio congiunto di ACP incompatibili (tabella I.6) o molto reattivi. Le diverse categorie di ACP devono essere immagazzinate in locali indipendenti, separate nello stesso locale da un paravento o da una parete tagliafuoco o ancora separate per distanziamento (figura I.14).

  – Definire e rispettare quantità massime dei prodotti chimici stoccati e altezze massime di stoccaggio.

  – Prodotti contenuti in recipienti sicuri (sufficiente resistenza fisica, chiusura automatica ecc.) e idonei all'ACP che contengono (sufficiente resistenza chimica). In ogni caso devono essere omologati o certificati, in conformità ai requisiti della regolamentazione di ogni paese.

  – Mezzi per garantire la cattura, il contenimento e, quando necessario, l'invio a recipienti di riserva, in caso di perdita o fuoriuscita degli ACP stoccati (bacini di contenimento, rivestimenti adatti del pavimento e lungo il perimetro della parte inferiore di tramezzi o di pareti di recinti, al fine di garantire la tenuta stagna del recinto al liquido, scarichi e convogliamenti a recipienti di riserva ecc.). Quanto esposto sopra deve essere altresì considerato, quando necessario, per la cattura, il contenimento o il controllo della raccolta di acque reflue prodotte durante l'intervento in un incendio.

  – Accessi sgombri e vie di transito e superfici di stoccaggio segnalate.

  – Controllo degli accessi di persone e veicoli estranei all'impianto.

  – Vie di evacuazione e uscite di emergenza sgombre e segnalate.

  – Garanzie di identificazione dei prodotti. Obbligo di etichettatura e, se del caso, rietichettatura.

  – Precise istruzioni di lavoro per le operazioni di stoccaggio propriamente detto e qualunque altra abitualmente effettuata nel magazzino (apertura e chiusura di contenitori, riempimento, travaso,

2005_1599_IT.indd 38 10-10-2006 17:54:38

collegamento e ritiro di tubi per il riempimento di recipienti, prelievo di campioni ecc.).

– Procedure scritte di intervento in caso di incidenti (perdite, fuoriuscite, emissioni e simili).

Procedure di intervento in caso di emergenza

• Quando, per esigenze di processo, si richiede la presenza di quantità di prodotti chimici pericolosi sul luogo di lavoro, questi devono essere limitati alla quantità strettamente necessaria per il lavoro immediato (non saranno mai stoccate quantità superiori a quelle occorrenti per il turno o la giornata di lavoro) e devono essere depositati in recipienti idonei, armadi protetti o recinti speciali (figura 1.15). In generale, devono soddisfare i requisiti descritti in precedenza che risultino loro applicabili.

2005_1599_IT.indd 39 10-10-2006 17:54:38

Retro scheda n. 7 (Stoccaggio sicuro)

Quadro I.6 – Riepilogo delle incompatibilità di stoccaggio delle sostanze pericolose

	E Esplosivo	E Esplosivo	T Tossico	Radioattivo	O Comburente	Xn Nocivo Xi Irritante
E Esplosivo	+	–	–	–	–	+
E Esplosivo	–	+	–	–	–	–
T Tossico	–	–	+	–	–	+
Radioattivo	–	–	–	+	–	–
O Comburente	–	–	–	–	+	O
Xn Nocivo Xi Irritante	+	–	+	–	O	+

\+ Possono essere immagazzinati insieme.

O Possono essere immagazzinati insieme solo adottando specifiche misure di prevenzione.

– Non devono essere immagazzinati insieme.

Sono esempi di agenti incompatibili:

- ossidanti con: infiammabili, carburi, nitruri, idruri, solfuri, metalli alchilici;
- riduttori con: nitrati, clorati, bromati ossidi, perossidi, fluoro;
- acidi forti con basi forti;
- acido solforico con: cellulosa, acido perclorico, permanganato di potassio, clorati.

Sono esempi di agenti instabili:

- prodotti il cui stoccaggio prolungato comporta la possibilità di decomposizione: amiduri alcalini, certi sali di diazonio;
- sostanze facilmente perossidabili: composti allilici, composti vinilici, stirene;
- composti che reagiscono violentemente a contatto con l'aria: fosfuri, idruri;
- monomeri che polimerizzano rapidamente: acetato di vinile, stirene, acrilonitrile;

Sono esempi di agenti che reagiscono pericolosamente:

- con l'acqua. metalli alcalini, perossidi inorganici, carburi, fosfuri;
- con acido cloridrico: solfuri, ipocloriti, cianuri;
- con acido nitrico: alcuni metalli;
- con acido solforico: acido formico, acido ossalico, alcool etilico.

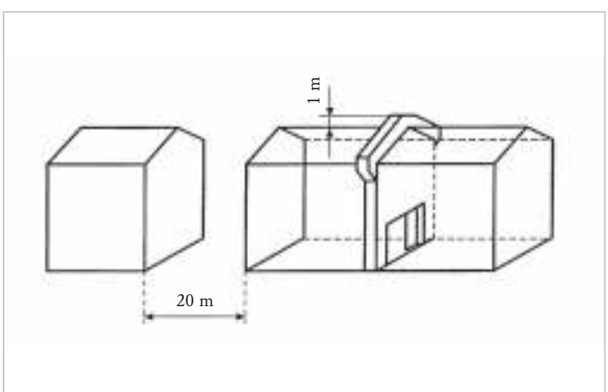


Figura I.14 – Separazione per distanziamento e per settorizzazione

Figura I.15 – Armadio protetto per stoccaggio di prodotti infiammabili

2005_1599_IT.indd 40 10-10-2006 17:54:39

8. SEGREGAZIONE DI REPARTI «SPORCHI»

Descrizione

- Determinate operazioni o processi, per la loro natura e mediando un'intensa azione meccanica sui materiali, sono particolarmente contaminanti, poiché generano una grande quantità di materia particellare.

- Così, nei locali in cui si compiono operazioni come la lucidatura di metalli, il taglio di materiali plastici, metalli o legno, la sbavatura di pezzi metallici, la frantumazione di sostanze solide, la perforazione di metalli o legno, si verifica la disgregazione e la dispersione di particelle nell'ambiente.

- Anche le superfici di lavoro, banchi, pavimenti e macchinari si ricoprono di polvere o fibre che, mescolate ad oli lubrificanti, pasta lucidante, resine ecc. producono continuamente sporcizia.

Fondamento tecnico

Conviene allontanare e confinare questo tipo di operazioni in luoghi segregati dal resto della fabbricazione. Si riesce così a evitare la dispersione dell'aria contaminata e della sporcizia in altre zone e a concentrare le risorse di ventilazione e di pulizia in spazi più ridotti, aumentandone l'efficacia e riducendo i costi delle azioni intraprese.

2005_1599_IT.indd 41 10-10-2006 17:54:39

9. VENTILAZIONE GENERALE PER DILUIZIONE

Descrizione

- Consiste nel rinnovare l'aria di un locale fornendo una quantità opportuna di aria esterna pulita ed estraendo una quantità simile di aria contaminata.
- L'aria può entrare in modo naturale (porte, finestre, ecc.) (figura I.16) o in modo forzato (mediante ventilatori) (figura I.17).
- La ventilazione generale è, in ogni caso, un principio preventivo (articolo 5 direttiva 98/24CE), prima ancora che una misura specifica. Per questo motivo, sui luoghi di lavoro deve essere sempre garantita una ventilazione generale conforme ai requisiti stabiliti dalla direttiva 89/654/CE, in materia di requisiti di sicurezza e salute sui luoghi di lavoro. Tuttavia, in alcuni casi, illustrati di seguito, può essere considerata anche come una misura specifica per il controllo del rischio e quindi è oggetto di una scheda.

Ambito di applicazione

- Come misura specifica per controllare il rischio da esposizione, se si tratta di sostanze a tossicità bassa o media per via inalatoria (VL > 100 ppm se si tratta di vapore, o 5 mg/m^3 se si tratta di materia particellata).
- Controllo del rischio di incendio e di esplosione in recipienti e attrezzature, riducendo la concentrazione del contaminante sotto il limite inferiore di infiammabilità (LII) e di esplosività (LIE), rispettivamente per vapori e polveri esplosive.
- Controllo di odori e sostanze nocive, riducendo i livelli sotto i limiti di confort raccomandati.

Requisiti di progetto

- Prevedere sistemi di sostituzione dell'aria estratta.
- Dimensionare il sistema di riscaldamento o raffreddamento del locale, tenendo conto della portata dell'aria di ventilazione necessaria nel locale.
- La portata di ventilazione necessaria deve essere calcolata in funzione della velocità di produzione del contaminante e della concentrazione ambientale che si desidera mantenere.
- Se esistono sistemi di estrazione localizzata, il calcolo della portata di ventilazione del locale deve tenere conto dei requisiti di tali sistemi.
- Evitare il ritorno nel locale dell'aria estratta, separando i punti di scarico degli eventuali ingressi di aria.
- Disporre gli ingressi e le uscite di aria in modo che la circolazione dell'aria percorra l'intero recinto, evitando zone morte con poca ventilazione (figure I.18, I.19, I.20)
- Calcolare come aria di ventilazione solo la portata effettivamente introdotta nel recinto dall'esterno e non le portate di ricircolo.
- Nel calcolo della portata di ventilazione generale del locale, tenere conto della portata richiesta dai sistemi di estrazione localizzata.

Manutenzione e verifiche

- Seguire le istruzioni del produttore e/o installatore (ventilazione forzata).
- Ottenere dal produttore e/o installatore la massima informazione riguardo all'impianto.
- Non chiudere od ostruire gli ingressi dell'aria esterna durante la stagione fredda.
- Ispezionare visivamente eventuali danni del sistema: rottura di condotti, pale del ventilatore ecc.
- Misurare la concentrazione ambientale dei contaminanti dopo l'implementazione del sistema.

Raccomandazioni d'uso

- Indicato per la ventilazione di officine e locali ad uso non industriale e per usi industriali come:
  - ventilazione di officine di trasformazione di metalli, legno ecc.
  - ventilazione di stufe, forni di essiccazione, sale pompe o compressori ecc.
- Uso limitato per il controllo del rischio di incendio ed esplosione nei locali (sempre come misura complementare di altre azioni).
- Uso sconsigliato:
  - se la quantità di contaminante generata è elevata,
  - se i lavoratori si trovano in prossimità delle fonti,
  - se la dispersione del contaminante generata non è uniforme.

2005_1599_IT.indd 42 10-10-2006 17:54:39

Retro scheda n. 9 (Ventilazione per diluizione)

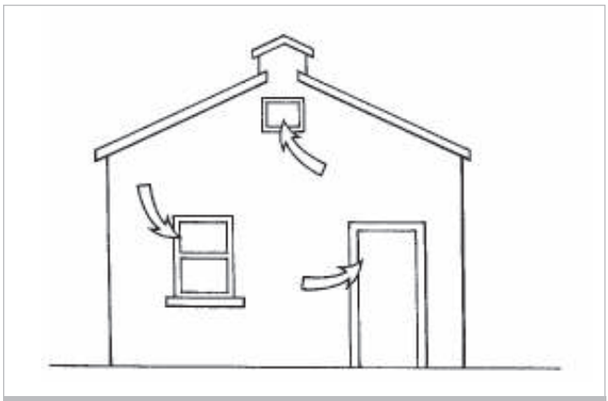


Figura I.16 – Ventilazione naturale

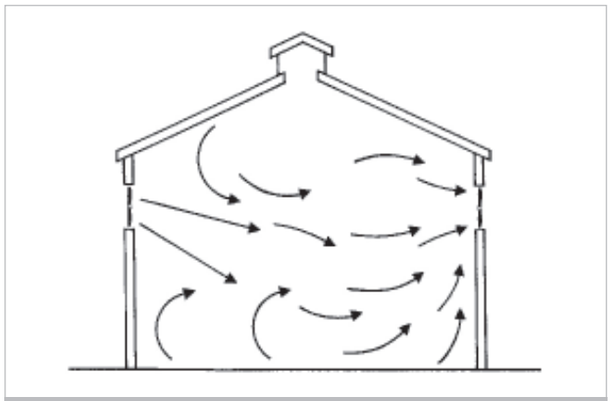


Figura I.17 – Ventilazione forzata

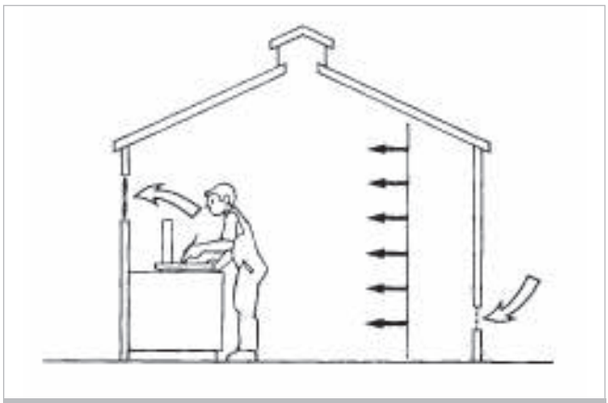


Figura I.18 – Situazione corretta

- **La distribuzione dell'aria nel locale è omogenea**
- **L'uscita è situata vicino alla fonte di emissione e il movimento dell'aria allontana il contaminante dalla zona respiratoria del lavoratore**

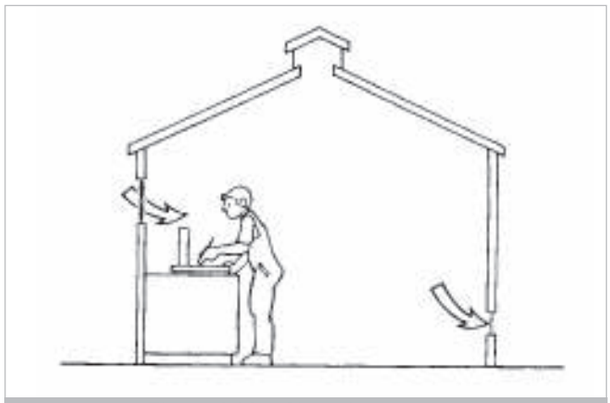


Figura I.19 – Situazione errata

- **L'aria pulita trascina il contaminante verso la zona respiratoria del lavoratore**

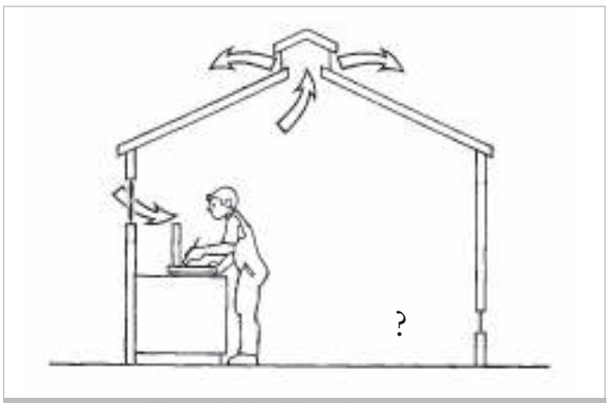


Figura I.20 – Situazione errata

- **Possono esservi zone morte con ventilazione scarsa o assente**
- **L'aria pulita trascina il contaminante verso la zona respiratoria del lavoratore**
- **Vi sono zone morte con ventilazione scarsa o assente**

2005_1599_IT.indd 43 10-10-2006 17:54:40

10. PREVENZIONE DI INCENDI

Obiettivo

- Identificare, per la loro eliminazione o controllo, i combustibili che, per il loro stato fisico (gas, vapore, solido ridotto in particelle fini) e/o il loro modo di stoccaggio o utilizzo, possono infiammarsi facilmente, così come le fonti di accensione capaci di apportare l'energia necessaria per iniziare la reazione. Puntualmente ed eccezionalmente, l'obiettivo può estendersi al controllo del comburente (% O_2 nell'ambiente) (figura I.21).

Misure di controllo dei combustibili

- Evitare la presenza sul luogo di lavoro di scorte abbondanti di sostanze infiammabili, riducendo la presenza delle stesse alla quantità minima indispensabile per coprire le necessità del processo o dell'operazione da compiere per la singola giornata o il singolo turno di lavoro.

- Le quantità di liquidi infiammabili che occorre immagazzinare nell'area di lavoro dovrebbero essere custodite in armadi protetti, debitamente segnalati con l'indicazione e il pittogramma «Infiammabile» e corredati almeno da una RF-15. (figura I.15)

- I liquidi infiammabili presenti sul luogo di lavoro e i relativi rifiuti devono essere contenuti in recipienti di sicurezza ermetici e a chiusura automatica (figura I.22)

- Le operazioni con gas o liquidi infiammabili, nelle quali si verifica il rilascio di vapori (travaso, applicazione aerografica ecc.) devono essere controllate mediante sistemi di estrazione localizzata (vedere la misura specifica n. 6: estrazione localizzata) e un'idonea ventilazione generale dell'area di lavoro (vedere la misura specifica n. 9: ventilazione per diluizione), in modo che venga garantita una concentrazione ambientale degli stessi nettamente inferiore all'LII.

- Si devono controllare con esplosimetri le concentrazioni pericolose di gas o vapori che si possono creare.

- I travasi e le altre operazioni nelle quali si possono verificare spruzzi o fuoriuscite devono essere effettuate in luoghi e con mezzi specifici che ne evitino il verificarsi e ne garantiscano, se necessario, la raccolta e lo scarico in un luogo sicuro e in condizioni adeguate di ventilazione (0,3 m^3/min. m^2; mai inferiore a 4 m^3/min) con allarme in caso di guasto del sistema.

- Si devono ripulire sia i residui dalle attrezzature che hanno contenuto liquidi infiammabili o combustibili solidi ridotti in particelle fini, sia l'ambiente circostante, prima di effettuare sulle stesse attrezzature interventi di manutenzione o di riparazione a caldo.

Misure di controllo delle fonti di accensione

- Utilizzo di attrezzature intrinsecamente sicure. Devono essere conformi ai requisiti della direttiva 98/37/CE e specificamente a quelli della direttiva 94/9/CE.

- Le operazioni di carico, scarico o travaso devono essere effettuate evitando la generazione di cariche elettrostatiche (controllo della velocità del travaso, riempimento di recipienti mediante tubo immerso ecc.) e favorendone l'eliminazione mediante collegamento equipotenziale e a terra di tutte le attrezzature e i recipienti (figura I.23)

- L'impianto e le apparecchiature elettriche devono essere protetti dal rischio di incendio ed esplosione (Ex o EEx), secondo i requisiti di sicurezza elettrica in vigore in ogni paese. Occorre prestare una particolare attenzione all'uso di apparecchiature mobili e agli accessori che si utilizzano o si accoppiano alle stesse.

- Deve essere instaurato un controllo esaustivo di altre fonti di accensione:

  – termiche (fumare, operazioni con fiamme o scintille, carrelli per manutenzione e simili)

  – meccaniche (uso di attrezzi antiscintille in operazioni di apertura o chiusura di recipienti oppure in ambienti in cui possono esistere concentrazioni o accumuli pericolosi di prodotti infiammabili; utilizzo di calzature senza parti metalliche ecc.)

  – chimiche (calore prodotto in reazioni esotermiche, coesistenza di prodotti chimicamente instabili o reattivi ecc.)

2005_1599_IT.indd 44 10-10-2006 17:54:40

Misure di controllo dei comburenti

Si possono prevedere quando esistono prodotti infiammabili allo stato liquido o combustibili solidi allo stato polverulento o residui degli stessi e non è possibile intervenire su di essi. A tale scopo, risulta indispensabile l'inertizzazione, quando si devono compiere operazioni di manutenzione o di riparazione a caldo delle attrezzature che hanno contenuto liquidi infiammabili o combustibili, solidi ridotti in particelle fini ecc. e non se ne può garantire lo smaltimento.

Retro scheda n. 10 (Prevenzione di incendi)

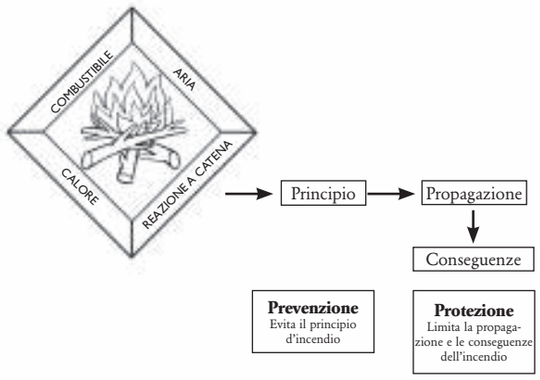


Figura I.21 – Cause della generazione di un incendio e misure preventive e protettive

Figura I.22 – Recipiente di sicurezza per liquidi infiammabili

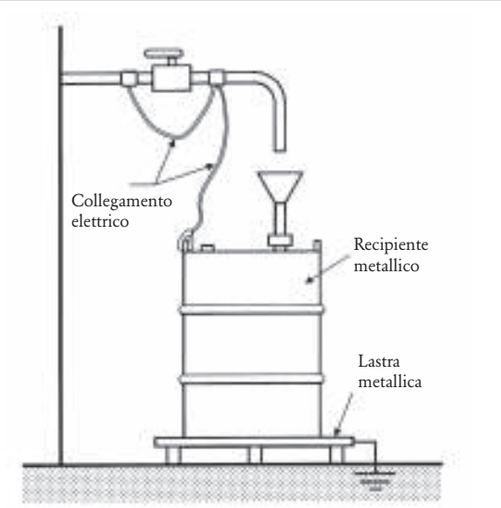


Figura I.23 – Collegamento equipotenziale e messa a terra per il travaso di liquidi infiammabili

2005_1599_IT.indd 45 10-10-2006 17:54:41

11. MANIPOLAZIONE SICURA DI ACP

Descrizione

- Consiste nel maneggio di ACP, nel travaso, carico o scarico degli stessi in unità di produzione.
- Le attrezzature utilizzate devono essere preferibilmente di tipo fisso e indeformabile (tubazioni fisse) piuttosto che di tipo mobile (contenitori, tubazioni mobili ecc.).
- Le attrezzature mobili per il travaso, sia quelle a comando manuale, sia quelle azionate da sistemi meccanici, devono essere compatibili con i possibili rischi connessi all'ambiente circostante (incendio, esplosione e/o corrosione) e i materiali con cui sono costruite devono essere compatibili con gli ACP manipolati.
- Vengono mostrati vari disegni, relativi alla manipolazione sicura degli ACP, in altre schede di misure specifiche, come ad esempio I.3, I.6 e I.24.

Ambito di applicazione

- Frequente travaso di ACP da grandi depositi e contenitori ad altri di minore capacità, per l'uso diretto nei processi produttivi.
- Utilizzo di contenitori mobili per il carico/scarico delle attrezzature di un impianto produttivo.
- Travaso di ACP da grandi depositi o contenitori a processi produttivi mediante l'uso di tubazioni fisse o mobili, con collegamenti in genere non permanenti.

Raccomandazioni tecniche

- Si devono utilizzare esclusivamente contenitori, recipienti o confezioni compatibili con i prodotti da trasportare, che siano conformi ai requisiti per il trasporto su strada di materie pericolose e godano di stabilità e resistenza garantite contro eventuali attacchi che possono subire durante il loro utilizzo.
- I travasi devono essere effettuati con pompe di aspirazione ad azionamento manuale o meccanico. Per quanto possibile, si deve evitare il travaso per gravità tra i recipienti quando vi sia il rischio di esplosione o contatto con gli ACP. Qualora ciò avvenga, il fusto di rifornimento deve essere collocato orizzontalmente su una culla o su un telaio fisso o mobile con ruote bloccabili.
- Per lo scarico di prodotti infiammabili, tutti gli elementi metallici devono essere collegati in modo equipotenziale ed essere messi a terra. In caso di liquidi, il fusto di rifornimento deve essere provvisto di valvola di scarico a chiusura automatica.
- Nel travaso per gravità di liquidi infiammabili, si devono utilizzare imbuti il cui collo deve arrivare almeno a 1 cm dal fondo del recipiente da riempire.
- In tutte le operazioni di travaso si devono disporre vassoi raccoglitori sotto i punti di possibile spandimento.
- Nel travaso di prodotti solidi, si deve evitare la creazione di polvere e l'ingresso non controllato di aria nei recipienti. A tale riguardo, si deve evitare il travaso manuale e utilizzare di preferenza attrezzature che garantiscano la tenuta stagna o la chiusura del processo (es. dosatori a valvole rotanti, doppia saracinesca, trasportatori a coclea ecc.).
- I sistemi di tubazione fissi o mobili devono garantire stabilità, resistenza e affidabilità contro il rischio di attacchi meccanici e degli ACP.
- Gli accoppiamenti e le tubazioni fisse e mobili devono essere specifici e differenziati per ogni tipo di ACP. I giunti e i raccordi devono essere stagni, resistenti al prodotto e in buono stato.
- Nelle tubazioni si devono utilizzare di preferenza raccordi saldati e non filettati o flangiati, soprattutto in interni.
- Le tubazioni in cui può rimanere intrappolato un ACP, in pressione o suscettibile di generare pressione, devono essere protette mediante valvole di sicurezza con uscita canalizzata verso un luogo sicuro (torre di assorbimento, torcia, impianto di trattamento ecc.).
- Le tubazioni che ne abbiano necessità devono essere munite di elementi per la raccolta di fuoriuscite o perdite.
- Le tubazioni mobili devono essere dotate di un dispositivo che ne consenta lo svuotamento prima di scollegarle.

2005_1599_IT.indd 46 10-10-2006 17:54:42

- Non si devono compiere operazioni di travaso di ACP con attrezzature o elementi che presentino perdite o difetti (ammaccature, pori, fessure, flange difettose ecc.).
- Si devono collocare una doccia di sicurezza e un'unità lavaocchi in prossimità delle zone di travaso.
- Gli effluenti, i residui e i prodotti di trattamento devono essere stoccati in zone specifiche, in contenitori certificati, debitamente segnalati, separati fisicamente e classificati in base a compatibilità e reattività.

Manutenzione e controllo

- Revisione e manutenzione periodica di tutti gli elementi di travaso interno, tenendo un registro degli inconvenienti.
- Le riparazioni delle attrezzature di travaso devono essere effettuate da personale autorizzato dall'utente o dal produttore.
- Nelle tubazioni fisse o mobili, prima di effettuare un collegamento per il carico e/o lo scarico del prodotto, si deve verificare l'assenza di fuoriuscite o perdite. Lo strumento di rilevazione deve essere compatibile con l'ACP contenuto.
- Tutte le attrezzature di travaso interno devono essere mantenute pulite e in buono stato, il loro utilizzo specifico deve essere opportunamente segnalato ed esse devono essere correttamente immagazzinate quando non sono in uso.
- Le attrezzature rotte o in cattivo stato devono essere immediatamente ritirate per la sostituzione o riparazione, se del caso.
- Si deve controllare periodicamente, mediante apparecchi rivelatori specifici, la presenza di perdite e/o spandimenti.
- Si devono controllare periodicamente, e ogni volta che sia necessario, i sistemi e le attrezzature di trattamento degli effluenti, riparando e/o sostituendo i reagenti che occorrano per la continuità del loro funzionamento.

2005_1599_IT.indd 47 10-10-2006 17:54:42

12. TRASPORTO INTERNO SICURO

Descrizione

- I mezzi utilizzati, manuali o meccanici, devono essere sicuri per le persone e compatibili con i prodotti manipolati.
- Le attrezzature utilizzate devono essere preferibilmente di tipo fisso e indeformabile (tubazioni fisse) piuttosto che di tipo mobile (contenitori, tubazioni mobili ecc.).

Ambito di applicazione

- Travaso di ACP tra aree o processi diversi dell'impresa, soprattutto quando si trasportano prodotti estremamente infiammabili, corrosivi o molto tossici.

Fondamento tecnico

- Si devono utilizzare esclusivamente contenitori, recipienti o confezioni compatibili con i prodotti da trasportare, che siano conformi ai requisiti per il trasporto su strada di materie pericolose e godano di stabilità e resistenza garantite contro eventuali attacchi che possono subire durante il loro utilizzo.
- Per il trasporto mediante attrezzature mobili di contenitori o confezioni, si devono utilizzare mezzi di resistenza sufficiente, con dispositivi di fissaggio dei carichi.
- I sistemi di tubazione fissi o mobili devono garantire stabilità, resistenza e affidabilità contro il rischio di attacchi meccanici e degli ACP.
- Gli accoppiamenti e le tubazioni fisse e mobili devono essere specifici e differenziati per ogni tipo di ACP. I giunti e i raccordi devono essere stagni, resistenti al prodotto e in buono stato.
- Nelle tubazioni si devono utilizzare di preferenza raccordi saldati e non filettati o flangiati, soprattutto in interni.
- Si devono evitare le tubazioni interrate per i fluidi infiammabili, tossici o corrosivi, a meno che le tubazioni non dispongano di doppio mantello e controllo perdite.
- Le tubazioni in cui può rimanere intrappolato un ACP, in pressione o suscettibile di generare pressione, devono essere protette mediante valvole di sicurezza con uscita canalizzata verso un luogo sicuro (torre di assorbimento, torcia, impianto di trattamento ecc.).
- Le tubazioni che ne abbiano necessità devono essere munite di elementi per la raccolta di fuoriuscite o perdite.
- Non si devono compiere operazioni di trasporto di ACP con attrezzature o elementi che presentino perdite o difetti (ammaccature, pori, fessure, flange difettose ecc.).
- Le attrezzature mobili di trasporto devono possedere sistemi di protezione idonei alle zone classificate a rischio (incendio, esplosione o corrosione) e agli ACP trasportati.

Manutenzione e controllo

- Revisione e manutenzione periodica di tutti gli elementi di trasporto interno, tenendo un registro degli inconvenienti.
- Le riparazioni delle attrezzature di trasporto a motore devono essere effettuate da personale autorizzato dal produttore.
- Nelle tubazioni fisse o mobili si deve verificare l'assenza di fuoriuscite o perdite, con un sistema di rilevazione compatibile con l'ACP contenuto, effettuando un collegamento per il carico e/o scarico del prodotto.
- I dispositivi per il trasporto e il controllo degli ACP devono recare l'indicazione visibile, leggibile e indelebile della data della loro ultima revisione.
- Le attrezzature in cattivo stato devono essere immediatamente ritirate per la sostituzione o riparazione.
- Si deve controllare periodicamente, mediante apparecchi rivelatori specifici, la presenza di perdite e/o spandimenti.
- Si devono controllare periodicamente, e ogni volta che sia necessario, i sistemi e le attrezzature di trattamento degli effluenti, riparando e/o sostituendo i reagenti che occorrano per la continuità del loro funzionamento.

2005_1599_IT.indd 48 10-10-2006 17:54:42

13. LAVAOCCHI E DOCCE

Descrizione

- Le docce di sicurezza (figura I.24) costituiscono il sistema di emergenza più abituale per i casi di getti di prodotto a rischio di ustioni chimiche e anche qualora prendano fuoco gli indumenti.

- Le unità lavaocchi (figura I.25) sono studiate per consentire la decontaminazione rapida ed efficace degli occhi. Esse sono costituite fondamentalmente da due spruzzatori o bocchette separate di 10-20 cm, in grado di emettere uno spruzzo di acqua potabile per lavare gli occhi o il viso, da una vaschetta, di 25-35 cm, provvista di relativo scolo, da un sistema di fissaggio al pavimento o alla parete e da un attuatore a piede (pedale) o a gomito.

Caratteristiche delle docce

- La doccia deve fornire una portata d'acqua sufficiente per bagnare l'utente completamente e immediatamente. L'acqua fornita deve essere potabile, assicurandosi che non sia fredda (preferibilmente tra 20 e 35°C) per evitare il rischio connesso al raffreddamento di una persona ustionata in stato di shock e per evitare altresì che il poco gradimento dell'acqua fredda causi un'eliminazione insufficiente del contaminante, accorciandosi la durata della doccia. Inoltre è bene che la doccia disponga di uno scolo (che ne facilita enormemente la manutenzione).

- La testa della doccia deve avere un diametro sufficiente per bagnare totalmente l'utente (20 cm), con fori grandi che ne impediscano l'ostruzione dovuta alla formazione di depositi calcarei. La distanza dal pavimento alla base della testa della doccia deve essere tale da accogliere la persona in piedi (per esempio, da 2 a 2,3 m). La distanza tra la parete e la testa della doccia dovrebbe essere sufficiente per accogliere, in caso di necessità, due persone (per esempio, non inferiore a 60 cm). Si raccomanda anche che la distanza tra il pavimento e il pulsante non superi i 2 m.

- La valvola di apertura deve essere ad azionamento rapido, pertanto non si devono utilizzare i rubinetti convenzionali. Il pulsante/attuatore deve essere facilmente afferrabile. I modelli più adeguati sono quelli provvisti di attuatore triangolare, unito al sistema mediante una barra fissa (migliore del tipo con catena). I pulsanti a pedale in genere non si usano, data la facilità di premerli inavvertitamente, determinando il funzionamento involontario del sistema e il rischio di inciampare in essi; fanno eccezione i sistemi che si azionano salendo su una piattaforma.

- I rubinetti di intercettazione acqua dell'impianto devono essere situati in un luogo non accessibile per il personale, al fine di evitare l'interruzione permanente dell'alimentazione dovuta alla presenza di perdite o altre anomalie, che, d'altra parte, devono essere immediatamente comunicate e riparate. In questo modo, i rubinetti devono essere chiusi esclusivamente al momento di eseguire la riparazione.

- È utile disporre di un sistema di allarme acustico o visivo che entri in funzione quando si usa l'attrezzatura e consenta così al resto del personale di apprendere l'esistenza di un problema e di intervenire in aiuto. Le docce, collocate in spogliatoi o bagni, possono svolgere le funzioni sussidiarie delle docce di sicurezza, soprattutto nel caso di laboratori di scarsa superficie e per piccole ustioni o spruzzi sugli indumenti, poiché, trovandosi fuori dalla vista, consentono alla persona colpita di spogliarsi senza alcun tipo di complessi.

Caratteristiche delle unità lavaocchi

- Il getto fornito dalle bocchette deve essere a bassa pressione, per non provocare danni o dolori inutili. Proprio come per la doccia, l'acqua deve essere potabile e si raccomanda che sia tiepida. Con i rubinetti di intercettazione acqua dell'impianto si devono adottare le stesse precauzioni previste per le docce di sicurezza.

2005_1599_IT.indd 49 10-10-2006 17:54:42

Retro scheda n. 13 (Docce e unità lavaocchi)

Figura I.24 – Doccia di sicurezza

Figura I.25 – Unità lavaocchi

2005_1599_IT.indd 50 10-10-2006 17:54:43

14. PROTEZIONE ANTINCENDIO

Obiettivo

- Le misure preventive descritte nella scheda 10 sono fondamentali, ma di per sé insufficienti, poiché in nessun caso garantiscono un controllo esaustivo del rischio e, pertanto, si devono adottare misure protettive complementari volte a minimizzare le conseguenze derivanti dal verificarsi di un sinistro (figura I.21).

Misure di protezione da considerare

- Occorre distinguere tra:
  - misure di protezione passiva (protezione strutturale degli elementi portanti, per garantire una determinata stabilità al fuoco; settorizzazione e compartimentazione di aree a diverso livello di rischio, garantendo una determinata resistenza al fuoco e un determinato utilizzo di materiali costruttivi e di rivestimento il cui comportamento a contatto col fuoco sia noto);
  - misure antincendio propriamente dette (rilevazione umana o impianti di rilevazione automatica degli incendi; mezzi agili e affidabili di trasmissione dell'allarme; attrezzature antincendio portatili o fisse, ad azionamento manuale o a scarico automatico e vie di evacuazione in numero sufficiente, correttamente dimensionate e adeguatamente distribuite).
- Il complesso delle misure antincendio occorrenti nell'ambito di applicazione della direttiva 98/24/CE deve essere adeguato alla cornice dei requisiti di legge propri di ogni paese, in materia di protezione contro gli incendi.
- Indipendentemente da quanto esposto al punto precedente, si citano di seguito alcune misure specifiche da considerare:
  - garantire che la protezione strutturale degli elementi portanti offra una certa resistenza al fuoco (RF) del recinto o dell'edificio;
  - controllare la propagazione verticale od orizzontale degli effetti dell'incendio e, a tale scopo, le aree di lavoro a rischio di incendio devono essere separate dal resto delle dipendenze, costituendo un settore con resistenza al fuoco adeguata al carico termico esistente. La settorizzazione deve essere effettuata per distanziamento o mediante compartimentazione con muri e tramezzi tagliafuoco (figura I.26);
  - garantire una rilevazione efficace, umana o automatica, e impianti in grado di assicurare una trasmissione rapida e affidabile dell'allarme;
  - disporre di impianti antincendio idonei e sufficienti, fissi o portatili, ad azionamento manuale o a scarico automatico. Gli estintori devono essere idonei e garantire un'efficace azione antincendio rispetto all'ACP da spegnere (es.: uso di estintori di tipo B per liquidi infiammabili) e rispetto all'area di applicazione (es.: evitare l'utilizzo di CO_2 in ambienti esterni). Allo stesso modo, si deve garantire che non saranno usati estintori incompatibili con l'ACP (es.: non usare acqua per spegnere sostanze alcaline);
  - il numero e le condizioni delle vie di evacuazione devono consentire l'evacuazione rapida e sicura degli occupanti;
  - quando necessario, i mezzi antincendio e l'accesso alle vie di evacuazione devono essere segnalati secondo le disposizioni della direttiva 92/58/CEE;
  - garantire l'eliminazione dei fumi generati dall'incendio mediante ventilatori o altri mezzi di estrazione (figura I.27).

2005_1599_IT.indd 51 10-10-2006 17:54:43

Retro scheda n. 14 (Protezione antincendio)

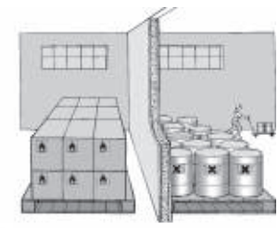


Figura I.26 – Settorizzazione mediante tramezzo tagliafuoco

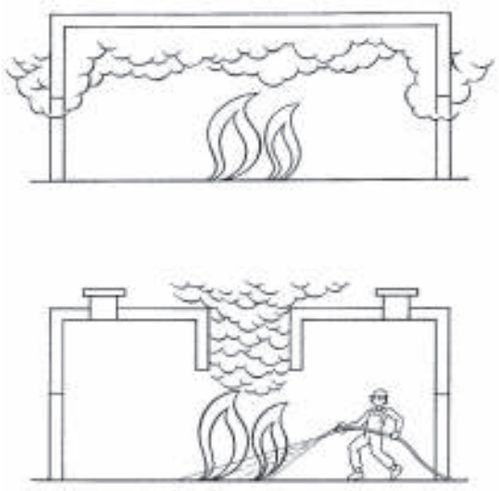


Figura I.27 – Ventilatori

2005_1599_IT.indd 52 10-10-2006 17:54:44

15. PREVENZIONE E PROTEZIONE DALLE ESPLOSIONI

Le misure preventive e protettive da considerare per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori esposti ai rischi derivanti da atmosfere esplosive non vengono sviluppate in questa guida, essendo tali rischi specificamente regolati dalla direttiva 1999/92/CE (vedere la relativa guida informativa).

I requisiti essenziali in materia di sicurezza e salute cui devono conformarsi gli apparecchi e i sistemi di protezione destinati all'uso in atmosfere potenzialmente esplosive sono regolati e sviluppati nella direttiva 94/9/CE.

2005_1599_IT.indd 53 10-10-2006 17:54:44

16. ATTREZZATURE DI PROTEZIONE INDIVIDUALE

Ambito di applicazione

Le attrezzature di protezione individuale (API) costituiscono l'ultima barriera tra l'agente chimico pericoloso e il lavoratore, pertanto il loro utilizzo è limitato ai seguenti casi:

- quando le misure preventive e protettive collettive od organizzative applicate sono insufficienti o tecnicamente improponibili;
- quando le opportune misure preventive e protettive collettive non possono essere immediatamente adottate e si deve ricorrere provvisoriamente a tale protezione individuale;
- in operazioni puntuali o in un'eventuale situazione che non giustifichi l'adozione di misure permanenti, sempre che l'uso di un'API garantisca un livello di protezione equivalente a quello che offrirebbero le misure da esso sostituite;
- ogni volta che si verificano situazioni di emergenza, recupero o salvataggio autonomo.

Tipi di attrezzature di protezione

- respiratoria (vedere la misura specifica 16.1),
- oculare (vedere la misura specifica 16.2),
- dermica (guanti e indumenti protettivi contro rischi chimici) (vedere la misura specifica 16.3).

2005_1599_IT.indd 54 10-10-2006 17:54:44

16.1. ATTREZZATURE DI PROTEZIONE INDIVIDUALE RESPIRATORIA

Tipi

- Attrezzature filtranti ([1])
  - facciali filtranti (figura I.28),
  - semimaschera + filtro (protegge fosse nasali e bocca) (figura I.29),
  - maschera + filtro (protegge viso e occhi) (figura I.30),
  - bocchetta + filtro (figura I.31).
- Dispositivi isolanti
  - autonomi (figura I.32),
  - non autonomi o semiautonomi (figura I.33).

Utilizzo

- I dispositivi filtranti devono essere utilizzati se la concentrazione di ossigeno nell'ambiente di lavoro è superiore al 17-18 %.
- Si seleziona il tipo di dispositivo filtrante secondo la concentrazione ambientale e la necessità di proteggere o no viso e occhi.
- La bocchetta si usa in situazioni di emergenza.
- Quando la concentrazione di ossigeno nell'ambiente di lavoro è inferiore al 17 %, si devono utilizzare dispositivi isolanti.
- Questi ultimi devono essere utilizzati anche quando la concentrazione ambientale dell'agente chimico è molto elevata, 100 volte superiore al valore limite ambientale o di 1 000 ppm o superiore all'indice immediatamente pericoloso per la vita o la salute, IPVS (IDLH).

Capacità dei filtri contro i gas

- Classe 1 — Filtri a bassa capacità (10 volte il valore limite, senza superare 100 ppm)
- Classe 2 — Filtri a capacità media (100 volte il valore limite, senza superare 5 000 ppm)
- Classe 3 — Filtri ad alta capacità (100 volte il valore limite, senza superare 10 000 ppm)

FILTRI CONTRO PARTICELLE	CODICE	COLORE
80 % ritenzione	P1	bianco
94 % ritenzione	P2	bianco
99,95 % ritenzione	P3	bianco
FILTRI CONTRO GAS E COMBINATI		
Gas e vapori organici, punto di ebollizione > 65°C)	**A**	**marrone**
Gas e vapori organici, punto di ebollizione < 65°C)	**AX**	**marrone**
Gas e vapori inorganici	**B**	**grigio**
SO_2 e altri gas e vapori acidi; secondo le specifiche del produttore	**E**	**giallo**
NH_3 e derivati organici del NH_3; secondo le specifiche del produttore	**K**	**verde**
Ossidi di azoto	**NO-P3**	**azzurro**
Mercurio	**Hg-P3**	**rosso**

([1]) Esistono anche attrezzature filtranti nelle quali l'aria è forzata ad attraversare il sistema di filtraggio da un piccolo ventilatore alimentato a batterie. In questo modo, si riduce lo sforzo compiuto dall'utente per contrastare la perdita di carico del filtro.

2005_1599_IT.indd 55 10-10-2006 17:54:44

Retro scheda n. 16.1 (Dispositivi di protezione respiratoria)

Figura I.28 – Facciale filtrante

Figura I.29 – Semimaschera

Figura I.30 – Maschera

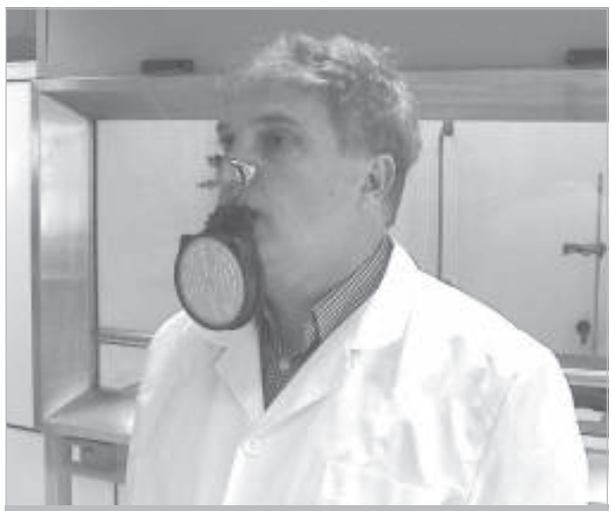


Figura I.31 – Bocchetta

Figura I.32 – Respiratore autonomo

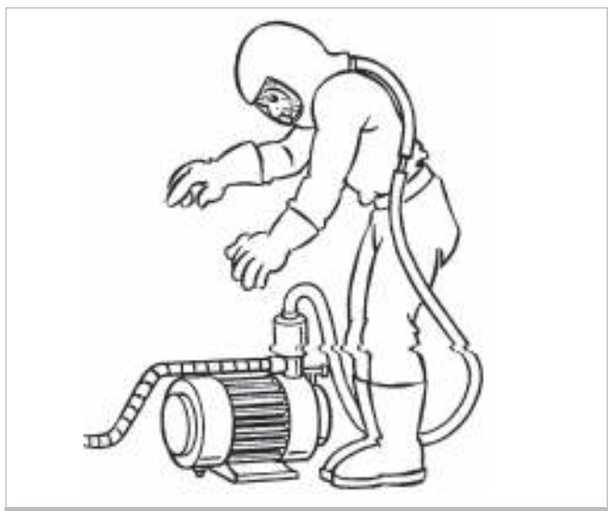


Figura I.33 – Respiratore semiautonomo

2005_1599_IT.indd 56 10-10-2006 17:54:45

16.2. DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE OCULARE

Utilizzo

Per evitare il contatto degli occhi con agenti chimici allo stato liquido, solido o gassoso che li possono danneggiare o che possono essere assorbiti attraverso la congiuntiva. Queste circostanze possono verificarsi:

- per spruzzi o getti di particelle liquide o solide;
- per fughes di gas;
- per la presenza di concentrazioni elevate di aerosoli solidi o liquidi o gas o vapori nell'ambiente di lavoro. Normalmente coincide con la necessità d'uso di DPI di protezione respiratoria. In questo caso si devono usare maschera o cappuccio o ancora occhiali a corredo del facciale, se del caso.

Vedere le figure I.34 e I.35.

Marcatura della montatura

Codice	Applicazione
Senza codice	Per rischi meccanici non specificati e radiazioni UV, IR e visibili.
3	Contro gocce e spruzzi di liquidi.
4	Contro polvere con particelle di grandezza superiore a 5 µm.
5	Contro gas e vapori, nebbie, fumi e polvere con particelle di grandezza inferiore a 5 µm.
8	In caso di arco elettrico prodotto in corto circuito.
9	Contro spruzzi di metalli, penetrazione di solidi incandescenti.

Osservazioni

- Gli indumenti devono possedere certificazione e marchio CE e, per quanto riguarda la protezione contro il rischio chimico, il numero tre o cinque, secondo i casi, riportato sulla montatura come indice di protezione.
- Si deve consultare il *foglietto illustrativo* nel quale il produttore indica le prestazioni dell'indumento (tipi, indici di protezione e sostanze alle quali resiste) oltre alle condizioni di conservazione, pulizia, taglie ecc.
- Si deve prevedere la sua sostituzione nel periodo opportuno.

2005_1599_IT.indd 57 10-10-2006 17:54:45

Retro scheda n. 16.2 (Dispositivi di protezione oculare)

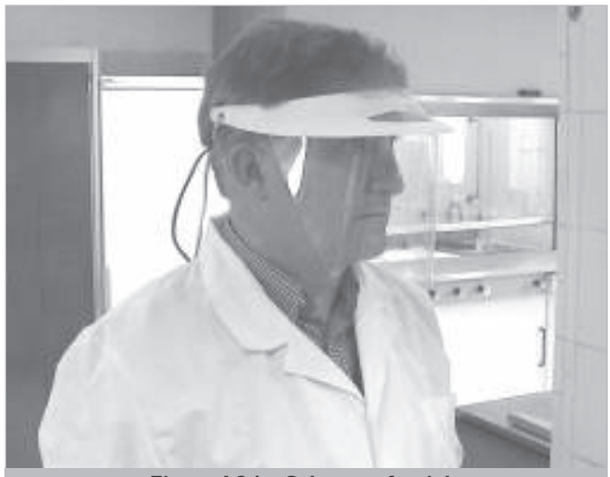


Figura I.34 – Schermo facciale

Figura I.35 – Occhiali di sicurezza

2005_1599_IT.indd 58 10-10-2006 17:54:45

16.3. DISPOSITIVI DI PROTEZIONE DERMICA (GUANTI E INDUMENTI DI PROTEZIONE CONTRO IL RISCHIO CHIMICO)

Utilizzo

Si utilizzano i guanti (figura I.36) e indumenti di protezione dermica, come grembiuli, ghette o tute, quando si desidera evitare il contatto della pelle e degli indumenti con le sostanze chimiche, perché queste possono essere assorbite attraverso la pelle o perché possono danneggiarla.

I guanti e gli indumenti protettivi, per quanto riguarda il rischio chimico, sono confezionati con caratteristiche di ermeticità (protezione dalla penetrazione, attraverso giunture, cuciture ecc.) e di resistenza al passaggio delle sostanze attraverso il materiale di cui sono fatti il guanto o l'indumento (protezione dalla permeazione). Quest'ultima protezione è in funzione della sostanza da cui deve proteggere e non è permanente, ma ha un tempo massimo di efficacia. In questo modo, ogni coppia, formata dal materiale con il quale sono realizzati gli indumenti e dal prodotto chimico dal quale esso protegge, presenta un dato livello di protezione. Esistono sei livelli di protezione.

	Indice di protezione	**Tempo di protezione** *«breakthrough time»*
Tipo di protezione dalla permeazione ([1])	1	> 10 minuti
	2	> 30 minuti
	3	> 60 minuti
	4	> 120 minuti
	5	> 240 minuti
	6	> 480 minuti

([1]) Si riferisce a una determinata sostanza (es. etanolo, ecc.).

Tipi di tute

Le tute, che coprono tutto il corpo, vengono classificate nel modo seguente:

Tipo di tuta	**Prestazioni**	
Tipo 1	Il dispositivo di protezione respiratoria è all'interno della tuta	Ermetiche a prodotti chimici allo stato di gas o di vapore. Coprono tutto il corpo, comprendendo guanti, stivali e dispositivo di protezione respiratoria
Tipo 1b	Il dispositivo di protezione respiratoria è all'esterno della tuta	
Tipo 1c	Collegate a una linea di aria respirabile	
Tipo 2	Simili a quelle di tipo 1c, con minore tenuta stagna delle cuciture	
Tipo 3	Ermetiche a prodotti chimici allo stato liquido (getto o pressione)	
Tipo 4	Ermetiche a prodotti chimici spruzzati (spray)	
Tipo 5	Ermetiche a prodotti chimici sotto forma di particelle solide (polvere)	
Tipo 6	Ermetiche a piccoli spruzzi di liquido	

2005_1599_IT.indd 59 10-10-2006 17:54:45

Osservazioni

Gli indumenti devono possedere certificazione e marchio CE e la sigla, relativa alla protezione dal rischio chimico, riportata di seguito.

Si deve consultare il *foglietto illustrativo* nel quale il produttore indica le prestazioni dell'indumento (tipi, indici di protezione e sostanze contro alle quali resiste) oltre alle condizioni di stoccaggio, pulizia, taglie ecc.

Si deve prevedere la sua sostituzione nel periodo opportuno.

Rischi chimici

Esempio:

Indice di protezione	Agente chimico
3	Ammoniaca 25 %
2	Cicloesilammina
0	Dietiletere
6	Acido acetico

Retro scheda n. 16.3
(Dispositivi di protezione dermica)

Figura I.36 – Guanti di sicurezza

2005_1599_IT.indd 60 10-10-2006 17:54:46

3.2. MISURE PREVENTIVE NEL CICLO DI VITA DEL PRODOTTO

Come si è avuto modo di spiegare in questo capitolo, il rischio chimico è definito dalla *pericolosità* dell'agente (proprietà chimico-fisiche o tossicologiche e sua forma fisica) e dalle sue *condizioni d'uso*. Per questo motivo, se non è possibile sostituire l'agente, le misure tecniche e organizzative da assumere, seguendo un ordine di priorità, devono mirare a stabilire condizioni di uso nelle quali il rischio sia ridotto al minimo. Ciò deve essere considerato lungo l'intero ciclo di vita dei prodotti, dalla loro fabbricazione allo smaltimento e al trattamento successivo al loro uso. Quanto esposto sopra deve essere considerato dalla prospettiva offerta dai due assi principali degli interventi attuali e futuri dell'Unione europea, riguardanti tale materia.

Il *primo* di essi, di carattere più generale, è il libro verde sulla politica integrata relativa ai prodotti [COM(2001) 68 def.], nel quale si predica l'instaurazione di un nuovo modello di crescita e una migliore qualità di vita mediante la creazione di ricchezza e competitività sulla base di prodotti più ecologici e si propone una strategia per rafforzare e riorientare la politica ambientale relativa ai prodotti, allo scopo di promuovere lo sviluppo di prodotti più ecologici.

Una politica integrata in materia di prodotti è un approccio che intende ridurre gli impatti ambientali dei prodotti durante il loro ciclo di vita, impatti che vanno dall'estrazione mineraria di materie prime alla gestione dei rifiuti, passando per la produzione, la distribuzione e l'utilizzo. Si tratta, in definitiva, di promuovere l'idea del ciclo di vita in tutta l'economia (compresi i servizi, il cui impiego può ridurre il consumo di prodotti), come parte di tutte le decisioni relative ai prodotti, insieme con altri criteri come la funzionalità, la salute e la sicurezza.

Il *secondo asse* è definito dal libro bianco sulla strategia per la futura politica comunitaria in materia di sostanze e preparati chimici [COM(2001) 88 def.], il cui obiettivo fondamentale è lo sviluppo sostenibile. In merito all'obiettivo di questa guida, il documento segnala che sia i produttori e importatori sia gli utenti industriali e i formulatori di sostanze e preparati dovrebbero essere responsabili di tutti gli aspetti connessi alla sicurezza dei loro prodotti e hanno l'obbligo di valutare la sicurezza relativa *alla parte del ciclo di vita* in cui intervengono, compreso lo smaltimento e la gestione dei rifiuti. Inoltre, il documento segnala, tra le priorità della ricerca, il miglioramento dei metodi di valutazione del ciclo di vita delle sostanze e dei preparati chimici.

A tale riguardo, e per le sostanze «estremamente preoccupanti», si deve esigere che la valutazione del rischio presentata alle autorità, al fine di ottenere l'autorizzazione di queste per commercializzare il prodotto, abbracci l'intero ciclo di vita del prodotto. Tutto ciò viene integrato in un nuovo sistema di controllo delle sostanze e dei preparati chimici, denominato REACH (dall'inglese *Registration, Evaluation and Authorisation of CHemicals:* registrazione, valutazione e autorizzazione di sostanze e preparati chimici) vigente in ambito comunitario.

Per quanto riguarda il campo di applicazione della direttiva 98/24/CE, le fasi più rilevanti del ciclo di vita dei prodotti sono quelle indicate di seguito:

- concezione e progettazione del prodotto: comprende la considerazione del rischio chimico preliminarmente alla fabbricazione di nuovi prodotti e processi;
- produzione: dovrebbe tenere conto dei principi di minimizzazione sia del consumo di energia e risorse naturali, sia della produzione di rifiuti, compresa la fase di utilizzo e smaltimento del prodotto stesso nella fase finale della sua vita;
- manipolazione: travaso del prodotto all'interno dell'impresa;
- stoccaggio: nei locali del produttore e/o in magazzini logistici;
- imballaggio, compresa l'identificazione sicura del prodotto e lo smaltimento degli imballi;
- distribuzione e vendita;
- uso del prodotto da parte del cliente, professionista o privato, per il suo utilizzo come prodotto finale o come materia prima per un nuovo processo;
- smaltimento e trattamento del prodotto: si trova alla fine della vita del prodotto e può comprendere trasformazioni dello stesso, preliminari al suo smaltimento. I rifiuti devono essere smaltiti in modo da non creare un nuovo rischio per la sicurezza e la salute dei lavoratori.

L'analisi dei rischi generati in ogni fase del ciclo di vita di un prodotto trascende l'ambito dell'impresa

2005_1599_IT.indd 61 10-10-2006 17:54:46

che lo fabbrica. Il prodotto finale di un'impresa può essere la materia prima di un'altra e deve essere utilizzato secondo le indicazioni fornite dal produttore, perciò è importante che vi sia un flusso di informazioni tra le due parti e una stretta collaborazione, qualora si tratti di utenti professionali.

La fase finale del ciclo comporta anche i rischi per l'ambiente che possono essere determinati dallo smaltimento e dal trattamento del prodotto dopo l'uso, sebbene non sia scopo di questa guida trattare quest'ultimo aspetto.

È bene ricordare che i principi preventivi menzionati al capitolo 2 devono essere applicati in qualsiasi caso; circa le misure preventive specifiche trattate nel capitolo 3, si devono selezionare quelle più idonee alla fase del ciclo di vita del prodotto nella quale ci si trova.

2005_1599_IT.indd 62 10-10-2006 17:54:46

PARTE II

2005_1599_IT.indd 64 10-10-2006 17:54:46

LA SORVEGLIANZA SANITARIA DEI LAVORATORI ESPOSTI AL PIOMBO E AI SUOI DERIVATI IONICI

1. SORVEGLIANZA SANITARIA DEI LAVORATORI ESPOSTI AD AGENTI CHIMICI PERICOLOSI

Ai sensi della direttiva 98/24/CE e, quindi, ai sensi di questa guida, la sorveglianza sanitaria consiste nella «valutazione dello stato di salute di un singolo lavoratore, in funzione dell'esposizione ad agenti chimici specifici sul luogo di lavoro» (articolo 2, lettera f).

La sorveglianza della salute *individuale* (denominata anche sorveglianza medica) consiste nell'effettuazione di prove e nell'applicazione di procedure mediche a ogni lavoratore, al fine di rilevare e valutare alterazioni del suo stato di salute o per procedere all'adeguamento del posto di lavoro alle sue caratteristiche personali. Tale sorveglianza può essere effettuata mediante esami medici (cosa più frequente), sebbene questi siano solo uno dei possibili modi. Altri modi possono essere: questionari in tema di salute, interviste, effettuazione di prove pre e post-esposizione ecc.

A questo orientamento individuale dovrebbe aggiungersi l'*orientamento collettivo*, nel quale si procede alla raccolta, analisi e interpretazione dei dati individuali per il loro utilizzo nella pianificazione, nello sviluppo e nella valutazione dei programmi di protezione e promozione della salute.

Tra gli obblighi degli imprenditori relativi alla protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi derivanti dagli agenti chimici e di sorveglianza della salute, figurano:

1) Valutare i rischi tenendo conto, quando sono disponibili, delle conclusioni tratte dagli studi di sorveglianza sanitaria (articolo 4, paragrafo 1).

2) Aggiornare la valutazione del rischio quando i risultati della sorveglianza sanitaria mostrano che ciò è necessario (articolo 4, paragrafo 2 e articolo 10, paragrafo 4).

3) Riesaminare le misure previste per eliminare o ridurre i rischi, tenendo conto dei risultati della sorveglianza sanitaria (articolo 10, paragrafo 4).

I passi da compiere per l'instaurazione di un programma di sorveglianza sanitaria sono:

1) Decidere, alla luce della direttiva, se è necessario un programma di sorveglianza sanitaria.

2) Determinare le procedure e la frequenza opportuna.

3) Procurare le risorse materiali e umane necessarie per l'attuazione di tale sorveglianza.

4) Garantire l'idonea partecipazione e informazione dei lavoratori e dei loro rappresentanti.

5) Applicare le misure preventive necessarie in funzione dei risultati ottenuti.

6) Riesaminare l'efficacia delle misure preventive applicate.

Ferme restando le disposizioni dell'articolo 14 della direttiva 89/391/CEE, le norme specifiche o più rigorose di ambito europeo o nazionale e la pratica nazionale, l'imprenditore deve adottare le misure per attuare l'*appropriata* sorveglianza sanitaria dei lavoratori, per i quali i risultati della valutazione prevista dall'articolo 4 della direttiva 98/24/CE hanno rivelato un rischio sanitario, così come per il piombo e i suoi derivati ionici alle condizioni specificate nell'allegato II e che possiede un valore limite biologico vincolante.

Secondo l'articolo 10 della direttiva 98/24/CE, la sorveglianza sanitaria si deve considerare *appropriata* quando sono soddisfatte *contemporaneamente* le seguenti condizioni:

- l'esposizione del lavoratore a un agente chimico pericoloso è tale che si può stabilire un nesso tra l'esposizione e una malattia identificabile o un effetto pregiudizievole per la salute. Esistenza di

2005_1599_IT.indd 65 17-10-2006 15:03:10

un nesso tra l'agente chimico in questione e un danno per la salute;

- vi è la probabilità di contrarre tale malattia o effetto pregiudizievole nelle condizioni particolari del lavoratore;
- la tecnica di investigazione è a basso rischio per i lavoratori.

2. NATURA DEGLI EFFETTI DERIVANTI DALL'ESPOSIZIONE AL PIOMBO E AI SUOI DERIVATI IONICI

L'accumulo di piombo nell'organismo determina effetti sui lavoratori. Sul luogo di lavoro, il piombo viene assorbito principalmente per via respiratoria (respirando) e per via digestiva (mangiando, bevendo, fumando sul luogo di lavoro). Il 90-95 % di esso viene trasportato dai globuli rossi, si accumula nell'organismo e la sua eliminazione avviene principalmente per via renale. Possono occorrere molti mesi per l'eliminazione del piombo dall'organismo, dove si accumula preferibilmente nelle ossa.

Il sistema nervoso centrale (soprattutto il cervello) è il più sensibile all'esposizione al piombo. Altri effetti riscontrati in lavoratori esposti al piombo e ai suoi derivati ionici sono: alterazione dei nervi periferici, del rene, anemia, aumento della pressione arteriosa e coliche e dolori addominali. Una menzione separata meritano gli effetti che il piombo può esercitare sulla riproduzione come sterilità, infertilità, aborti, morte fetale, scarso peso alla nascita, parto prematuro, anomalie congenite o effetti neurocomportamentali nel bambino per esposizione nell'utero della madre o durante l'allattamento.

3. CONTENUTO DELLA SORVEGLIANZA SANITARIA

Il programma di supervisione sanitaria dei lavoratori esposti al piombo può essere suddiviso in due parti ben definite: il controllo biologico e gli esami medici.

In conformità all'allegato II della direttiva 98/24/CE, si deve procedere alla sorveglianza medica:

- quando l'esposizione del lavoratore supera 0,075 mg/m3, calcolati come media ponderata di 40 ore settimanali;
- quando si riscontra in determinati lavoratori un livello di piombo nel sangue superiore a 40 µg Pb/100 ml.

Il singolo esame medico deve comprendere:

- La *storia lavorativa* completa nella quale, oltre ai dati relativi a esposizioni al piombo in passato, si tenga conto dell'uso di indumenti o dispositivi di protezione individuale e di tutte quelle pratiche che possono aumentare l'esposizione all'agente, come abitudini igieniche carenti o mangiare, bere o fumare sul luogo di lavoro. Nella storia lavorativa devono essere riportati i dati di controllo ambientale relativi al posto di lavoro occupato dal lavoratore fin dal momento dell'assegnazione.
- La *cartella clinica*, nella quale si devono indagare i precedenti e gli effetti attuali sugli organi chiave come il sangue, il sistema nervoso, l'apparato digerente, il rene e l'apparato riproduttore. È particolarmente rilevante raccogliere informazioni sul consumo di tabacco e di alcolici e sulle medicazioni ed esposizioni al piombo di origine non professionale. Alcuni dei sintomi da sorvegliare nel monitoraggio dei lavoratori esposti al piombo e ai suoi derivati possono essere: l'affanno, la perdita dell'appetito, dolori o coliche addominali, stipsi, gusto metallico, depressione o sensazione di essere giù di morale, irritabilità, difficoltà di concentrazione o di memoria, cambiamenti di personalità, emicrania, sensazione di formicolio o di perdita di sensibilità alle estremità, debolezza muscolare, dolori articolari, calo della libido e difficoltà di procreazione.
- L'*esplorazione fisica* deve incentrarsi sugli apparati digerente e cardiovascolare (compresa la misurazione della pressione arteriosa) e sul sistema nervoso.
- *Piombo nel sangue* (PbS): la determinazione del piombo nel sangue ha due funzioni principali: da un lato, come *complemento della determinazione ambientale* (valutazione dell'esposizione) e dall'altro, come *strumento della medicina del lavoro* integrato nella supervisione sanitaria dei lavoratori esposti. Per la loro importanza, entrambi gli approcci saranno trattati in modo specifico in un'altra sezione. Sarebbe opportuno che i responsabili della

2005_1599_IT.indd 66 17-10-2006 15:03:10

supervisione sanitaria dei lavoratori fossero anche i responsabili dello sviluppo e dell'applicazione del programma di controllo biologico, indipendentemente dall'uso che si intende fare dello stesso nell'impresa, mantenendo sempre una stretta collaborazione con gli esperti di igiene ambientale e preservando il carattere confidenziale dei dati per quanto attiene alla comunicazione delle conclusioni, in conformità alla pratica nazionale e alle linee direttrici etiche riconosciute.

- Altre prove: tenendo conto delle condizioni di esposizione e delle caratteristiche individuali dei lavoratori esposti, si possono includere, *in modo non routinario e sempre a giudizio medico*, certe investigazioni complementari commentate di seguito:

  Misurazione della pressione arteriosa:

  I dati attualmente disponibili suggeriscono un'associazione tra l'esposizione al piombo e un aumento della pressione arteriosa. L'innocuità della misurazione, unita alla sua semplicità e al suo basso costo, ne consigliano l'utilizzo soprattutto per la sua utilità nella supervisione sanitaria a carattere collettivo e a lungo termine. La periodicità della stessa deve essere stabilita a giudizio medico, in funzione dell'età e del tempo e livello di esposizione. Sarebbe consigliabile misurare la pressione arteriosa nel corso dell'esame preliminare e durante l'esame periodico. La periodicità minima di tale misurazione (che corrisponderebbe a lavoratori normotesi e con valori di PbS inferiori a 40 µg/100ml) sarebbe di una volta l'anno.

  Ematocrito-emoglobina

  Un altro degli effetti del piombo è la produzione di un'anemia dovuta all'aumento della distruzione dei globuli rossi e all'inibizione della sintesi dell'emoglobina. Pertanto, si può considerare l'inclusione delle determinazioni della concentrazione di emoglobina e del valore dell'ematocrito nel sangue venoso. Tale anemia è più frequente sia nei lavoratori con carenza di ferro (anomalia più frequente tra le donne), sia nei lavoratori con PbS superiore a 50 µg/100ml. Inoltre, sarebbe conveniente considerare l'inclusione nell'esame preliminare di altre prove, come lo studio dello striscio di sangue o altri parametri eritrocitari per la rilevazione di alterazioni come, ad esempio, la carenza di glucosio-6-fosfato-deidrogenasi o la talassemia minore, patologie frequenti nei paesi mediterranei, nella popolazione africana e del sudest asiatico e che possono aggravarsi con l'esposizione al piombo.

  Zincoprotoporfirina (ZPP)

  Poiché i livelli di ZPP sono indicatori di effetto a lungo termine, la loro determinazione potrebbe essere utile come complemento della determinazione del PbS quando vi sono discordanze tra i valori ambientali e quelli biologici, soprattutto quando si è osservato che, in esposizioni intermittenti, la cessazione dell'esposizione dà luogo a una riduzione del PbS, mentre i livelli di ZPP si mantengono elevati.

  Prove di funzionalità renale

  Sia la funzionalità sia la struttura renale possono essere condizionate dall'azione del piombo. Uno dei maggiori problemi legati all'uso delle prove di funzionalità renale è che molte di esse vengono alterate in modo significativo solo quando tale funzionalità si è ridotta di oltre la metà, servendo per determinare la gravità ed effettuare un monitoraggio dell'evoluzione della lesione, tuttavia senza soddisfare il requisito di una rilevazione precoce, pur indispensabile negli esami preventivi. Si può considerare l'uso di prove come i livelli di N-acetil-glucosaminidasi o di β-2-microglobulina nelle urine per il monitoraggio di certi gruppi in funzione del livello e del tempo di esposizione.

  Studio degli effetti sul sistema nervoso

  Esistono prove per la rilevazione precoce e la valutazione di questi effetti. Fondamentalmente sono di due tipi: neurocomportamentali ed elettrofisiologiche. Entrambi i tipi devono essere utilizzati in modo compatibile con la storia clinica e con un'esplorazione fisica e un monitoraggio adeguati.

  Altri indicatori

  Sono stati descritti altri indicatori, come il piombo nelle urine, l'attività dell'ALAD eritrocitaria, l'acido delta-amminolevulinico, i livelli di coproporfirina nelle urine e perfino la concentrazione di piombo nei capelli. I vantaggi e gli svantaggi di tali prove dipendono dalla situazione concreta dell'esposizione. La loro utilità è

2005_1599_IT.indd 67 10-10-2006 17:54:47

sempre complementare, poiché non devono essere mai considerate come alternativa al piombo nel sangue, bensì come complemento dello stesso.

La sorveglianza sanitaria deve essere progettata in modo da poter individuare i lavoratori particolarmente sensibili al piombo e ai suoi derivati ionici, sia in modo permanente sia in modo temporaneo, come ad esempio: lavoratori in età fertile, lavoratrici gestanti o in periodo di allattamento, lavoratori con alterazioni degli organi chiave ecc. L'individuazione degli stessi consente, per quanto possibile, di adeguare il posto di lavoro alla loro condizione, stabilendo le misure preventive speciali necessarie per preservare la loro salute.

Il momento dell'esame medico è ideale per informare e rafforzare le conoscenze dei lavoratori sui rischi legati al piombo, nonché sulle misure igieniche indispensabili per minimizzare l'esposizione e che sono a disposizione dei lavoratori: non bere, fumare, mangiare sul luogo di lavoro, pulizia di mani, braccia, viso e spazzolatura delle unghie prima di mangiare, bere, fumare; farsi la doccia alla fine del lavoro, utilizzare correttamente gli indumenti di protezione individuale assegnati al loro posto di lavoro ecc.

4. CONTROLLO BIOLOGICO DEI LAVORATORI ESPOSTI AL PIOMBO E AI SUOI DERIVATI IONICI

4.1. CARATTERISTICHE GENERALI

In termini generali, il controllo biologico può essere definito come la misura e la valutazione degli agenti chimici presenti sul luogo di lavoro, dei loro metaboliti o dei loro effetti precoci non patologici, in un idoneo mezzo biologico della persona esposta. Il suo scopo è di valutare l'esposizione e il rischio per la salute mediante il confronto dei valori ottenuti con un riferimento adeguato.

Lo stesso agente chimico, i prodotti della sua trasformazione generati dall'organismo, i metaboliti, o il cambiamento biochimico risultante dall'effetto menzionato, tutti oggetto di misurazione, costituiscono i cosiddetti *indicatori*.

I *mezzi biologici* più comuni sono il sangue, le urine e l'aria espirata, tuttavia per ogni agente chimico vi sono uno o più mezzi biologici idonei per il controllo biologico, mentre altri sono da escludere. La parte che viene effettivamente prelevata dai mezzi biologici di un individuo, per effettuare l'analisi, costituisce il *campione*.

Il *risultato* della misurazione consente di conoscere il grado di esposizione dell'individuo e di dedurre se il lavoratore si trova o no in una situazione di rischio per la sua salute, quando si dispone di un *valore limite biologico* stabilito per tale contaminante, con un criterio di applicazione adatto allo scopo.

Quanto al loro significato, i risultati del controllo biologico e le relative valutazioni non si differenziano essenzialmente da quelli ottenuti mediante la tecnica del controllo ambientale, poiché, come queste ultime, forniscono informazioni riferite, come già si è detto, all'esposizione attuale del lavoratori e al rischio potenziale per la loro salute in determinate condizioni, e non sul loro stato di salute al momento attuale o in futuro.

Il controllo biologico fornisce una misura dell'esposizione interna dell'individuo e, come si è detto in precedenza, presenta due approcci ben distinti: quello collettivo (come complemento del controllo ambientale) e quello individuale (come strumento della medicina del lavoro, integrato nella supervisione sanitaria). Nella tabella II.1 sono riepilogate le sue principali indicazioni.

4.2. DETERMINAZIONE DEL PIOMBO NEL SANGUE

Gli aspetti generali del controllo biologico, appena citati, sono alla base dell'applicazione di questa tecnica preventiva a lavoratori esposti al piombo e ai suoi derivati ionici, tecnica in cui il piombo nel sangue costituisce il parametro di riferimento.

Durante l'esecuzione del controllo biologico, si deve prestare attenzione ai seguenti aspetti tecnici:

- i lavoratori che devono essere sottoposti al controllo,
- le date di esecuzione,
- il prelievo di campioni, lo stoccaggio e il trasporto,
- l'analisi,
- il ricevimento dei risultati e del controllo di qualità,
- la definizione di azioni secondo i risultati ottenuti,
- la trasmissione delle informazioni.

2005_1599_IT.indd 68 10-10-2006 17:54:48

Tabella II.1 – Applicabilità del controllo biologico

È adatto per	Non è adatto per
• La conferma dei risultati di una valutazione ambientale, quando questa suscita dubbi, per esempio se è difficile ottenere misurazioni ambientali rappresentative. • Rilevazione dell'eventuale assorbimento per vie diverse da quella respiratoria, potendo correggere la valutazione iniziale del rischio, basata esclusivamente sui dati ambientali. • La verifica dell'efficacia dei dispositivi di protezione individuale o di altre misure preventive introdotte. • La rilevazione di esposizioni non professionali (ambientali, domestiche, in attività di svago ecc.) • L'individuazione di individui con possibile sovraccarico fisico di lavoro in un gruppo di lavoratori che operano teoricamente nelle stesse condizioni. • La rilevazione di esposizioni che, senza dare propriamente luogo a rischi, possono essere ridotte, migliorando le abitudini lavorative e igieniche personali.	• Controllare le esposizioni agli agenti chimici per i quali non si dispone di indicatori affidabili. • Sostituire automaticamente il controllo ambientale in esposizioni a contaminanti chimici ad esclusiva penetrazione per via inalatoria. • Valutare lo stato di salute del lavoratore, sebbene possa avere un evidente rapporto con esso. • Formulare la diagnosi clinica di malattia. • Valutare i rischi o gli effetti connessi ad esposizioni acute. • Determinare l'origine lavorativa del contaminante analizzato.

Nell'allegato 6 di questa guida vengono proposti metodi idonei di prelievo campioni e di analisi del piombo e dei suoi derivati ionici nel sangue e nell'aria.

Tenendo conto che il piombo nel sangue è l'indicatore più rappresentativo dello stato di equilibrio dinamico raggiunto tra il piombo ambientale e il piombo dell'organismo *quando sono soddisfatte determinate condizioni* e che, in base ai risultati dell'analisi del PbS, *si devono assumere decisioni* di un certo rilievo, è evidente che occorre ottenere valori affidabili, curando in modo particolare sia la procedura di prelievo campione, raccolta e trasporto, sia il processo di analisi.

L'utilizzo del valore limite biologico come riferimento è corretto solo quando sono soddisfatte le due condizioni seguenti:

1) l'esposizione si mantiene entro un modello stabile durante un certo periodo (diversi mesi) preliminare all'effettuazione del controllo biologico;

2) l'organismo ha effettivamente raggiunto il citato equilibrio quando viene prelevato il campione di sangue; cioè non si sono verificati eventi che abbiano impedito il raggiungimento di tale equilibrio o lo abbiano distorto, come cambiamenti fisiologici o patologici importanti.

Se si procedesse a un controllo biologico dei lavoratori esposti senza che queste condizioni fossero soddisfatte, il risultato ottenuto potrebbe non essere rappresentativo della loro esposizione effettiva e potrebbe portare a una conclusione ingannevole riguardo alla loro valutazione e all'entità reale del rischio in cui si trovassero tali lavoratori.

Un'altra questione essenziale è quella dei requisiti necessari per l'effettuazione di questa prova, affinché i risultati ottenuti soddisfino le aspettative di utilità per valutare l'esposizione a questo metallo o ai suoi derivati ionici e il rischio che ne deriva per la salute dei lavoratori coinvolti.

In pratica, devono essere soddisfatti due tipi di requisiti, alcuni relativi alla gestione e altri di tipo tecnico. Per quanto concerne il laboratorio, i requisiti di gestione vanno dall'organizzazione del laboratorio stesso, all'adozione di sistemi di qualità e controllo

2005_1599_IT.indd 69 10-10-2006 17:54:48

della documentazione, fino al sistema di auditing interno. I requisiti tecnici comprendono il personale, gli impianti, i metodi di prova e di calibrazione, fino alla garanzia della qualità del risultato. Nel complesso e singolarmente, tali requisiti sono oggetto di applicazione della norma EN-DIS 15189:2003 per l'accreditamento dei laboratori di prova e calibrazione, la quale potrebbe quindi essere idonea per la determinazione del piombo nel sangue.

Elementi chiave per stimare la competenza di un laboratorio di analisi:

- rispetto (se vi è motivo) della legislazione specifica applicabile,
- disponibilità di protocolli di conservazione e trasporto,
- strumentazione idonea e personale qualificato,
- disporre di una certificazione di qualità a livello tecnico,
- partecipazione a programmi di controllo qualità interlaboratori.

4.3. IL CONTROLLO BIOLOGICO COME STRUMENTO DELLA MEDICINA DEL LAVORO

Tenendo conto dell'esistenza di studi che mettono in relazione il valore della PbB con certi effetti sugli organi chiave (tabella II.2), la conoscenza della concentrazione di piombo nel sangue consente, a titolo orientativo, di stabilire criteri per decidere la periodicità della supervisione sanitaria, nonché di elaborare valori di soglia utili per suggerire il cambiamento del posto di lavoro o il valore limite biologico per i lavoratori particolarmente sensibili. Le raccomandazioni di questo paragrafo devono essere riviste e adeguate alle condizioni reali di esposizione e alle caratteristiche della popolazione protetta.

Particolarmente sensibili

Il valore limite di esposizione professionale al piombo e ai suoi derivati ionici, vincolante su scala comunitaria, riflette «oltre ai fattori considerati nella determinazione dei valori limite indicativi, anche i fattori di fattibilità» (articolo 3, paragrafo 6 della direttiva 98/24/CE). Per questo motivo, se si tiene conto dei dati riferiti a neurotossicità, nefrotossicità e tossicità riproduttiva, in certi gruppi che richiedono una protezione speciale si devono applicare criteri più restrittivi. Questi gruppi sono ovviamente costituiti dalle donne in gravidanza o in periodo di allattamento e dai giovani, ma anche da qualsiasi lavoratore che presenti qualche condizione o caratteristica che lasci supporre una maggiore probabilità di soffrire degli effetti derivanti dall'esposizione come, ad esempio, lavoratori e lavoratrici in età fertile, con problemi renali, neurologici o ematici di una certa gravità, con un carico corporeo elevato a causa di esposizioni precedenti ecc., insomma, qualsiasi circostanza che, a giudizio medico, rappresenti un maggiore rischio per la salute del lavoratore in questione o della sua discendenza.

Cambiamento del posto di lavoro

Quando si è verificato un danno per la salute di un lavoratore, manifestatosi attraverso una malattia identificabile o attraverso determinati effetti nocivi, oppure è stato superato un valore limite biologico obbligatorio, la direttiva 98/24/CE (articolo 10, paragrafo 4) stabilisce per l'imprenditore determinati obblighi, tra i quali quello di tenere conto delle raccomandazioni degli esperti qualificati o dell'autorità competente, nell'applicazione delle misure previste dall'art. 6 per eliminare o ridurre il rischio, «compresa la possibilità di assegnare il lavoratore ad attività alternative, che non comportino il rischio di un'ulteriore esposizione».

L'allontanamento dal posto di lavoro di determinati lavoratori, in funzione del livello di PbS, è una misura di protezione volta ad evitare la comparsa di possibili danni per la salute ed è opportuno che, prima di renderla effettiva, si effettui una nuova verifica del PbS nei 15 giorni successivi. I valori di soglia del PbS raccomandati per procedere al cambiamento del posto di lavoro dei lavoratori esposti dipendono principalmente dall'età, dal sesso e da certe caratteristiche personali.

- Il superamento del valore limite biologico espresso nell'allegato II della direttiva 98/24/CE comporta l'allontanamento obbligatorio del lavoratore dal suo posto di lavoro e l'effettuazione di controlli bimestrali finché tale valore non si attesti, in due occasioni consecutive, sotto il valore limite biologico vincolante, vigente a livello europeo o nazionale (se quest'ultimo è più restrittivo di quello europeo).
- L'inesistenza di valori «sicuri», per evitare le ripercussioni esercitate sul feto o sul lattante dall'esposizione al piombo e ai suoi derivati ionici, suggerisce di evitare l'esposizione della lavoratrice gestante o in periodo di allattamento a livelli di piombo

2005_1599_IT.indd 70 10-10-2006 17:54:48

Tabella II.2 – Concentrazione di piombo nel sangue ed effetti osservati sulla salute [16].

Criteri di riferimento	Livello più basso di osservazione dell'effetto (µg/dl)	Effetti sul sangue	Effetti neurologici	Effetti renali	Effetti sull'apparato riproduttore	Effetti sulla discendenza	Effetti cardiovascolari	Livello di azione
	100-120		Encefalopatia acuta	Nefropatia cronica				
	80	Anemia						
Direttiva 98/24/CE	70				Infertilità (donna)	Pregiudizio della capacità riproduttiva del feto femminile		
	50	Calo dell'emoglobina						
	40	Aumento ALAU	Effetti neuro-comportamentali e dei nervi periferici	Segni precoci di nefrotossicità	Infertilità (uomo)			Direttiva 98/24/CE
BEI-ACGIH [17] SCOEL [18]	30					Aborti spontanei dovuti a esposizione paterna Parto prematuro e calo del peso alla nascita	Aumento della pressione arteriosa	
	25-30	Aumento ZPP ♂				Alterazioni funzionali nel neonato		
	15-20	Aumento ZPP ♀						
	< 10	Inibizione ALAD						

[16] Questa tabella è stata elaborata sulla base della figura 1 compresa nel rapporto SCOEL/SUM/83 definitivo, del gennaio 2002, «Reccomendation of the scientific commitee on occupational exposure limits for lead and its inorganic compounds» e della scheda relativa al piombo e ai suoi derivati ionici della «Documentation of the biological exposure indices – 2001» dell'ACGIH.

[17] Biological exposure indices – American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

[18] Scientific Commitee on Occupational Exposure Limits.

2005_1599_IT.indd 71 10-10-2006 17:54:49

nel sangue superiori a quelli della popolazione generale di riferimento. Pertanto, si deve impedire il superamento di tale livello e, se ciò non è possibile, favorire il cambiamento del posto di lavoro.

- Nei lavoratori di età inferiore ai 18 anni, il valore di soglia sarà di 50 µg/dl, utilizzando la stessa procedura prevista per la reintegrazione dei lavoratori adulti.

- La prevenzione delle alterazioni della riproduzione nella popolazione esposta (sia negli uomini sia nelle donne) suggerisce di ridurre al minimo l'esposizione al piombo dei lavoratori in età fertile. Nel caso degli uomini, il periodo critico corrisponde ai 90 giorni precedenti il concepimento. Nella donna, poiché il piombo è anche una sostanza tossica che si accumula nell'organismo e che può essere rilasciata durante la gravidanza o l'allattamento, è consigliabile mantenere i livelli di piombo nel sangue sotto i 25-30 µg/dl.

Tipi e periodicità della sorveglianza sanitaria

Tenendo conto del fatto che la supervisione sanitaria ci consente di sapere se le misure preventive e protettive adottate stanno proteggendo realmente la salute del lavoratore, il contenuto e la periodicità della stessa devono essere rapportati all'ottenimento, nei momenti chiave, dei dati necessari per procedere a tale verifica.

Preliminare all'esposizione

Prima di assegnare un lavoratore a un posto di lavoro caratterizzato dall'esposizione al piombo o ai suoi derivati ionici, si deve procedere a un esame medico il cui contenuto deve essere adeguato agli obiettivi specifici del programma di prevenzione e che servirà da riferimento per studiare l'andamento della salute del lavoratore nel corso del tempo. Sarebbe opportuno, oltre a quanto descritto nella sezione 3 (storia lavorativa e clinica, esplorazione fisica specifica e determinazione del piombo nel sangue) includere le seguenti prove: misurazione della pressione arteriosa, ematocrito ed emoglobina, oltre a qualsiasi altra prova ritenuta necessaria per individuare i lavoratori particolarmente sensibili. Di particolare interesse è la ripetizione del PbS finché il lavoratore non abbia raggiunto l'equilibrio menzionato in precedenza.

Periodica

La periodicità minima per i lavoratori la cui concentrazione di piombo nel sangue (PbS) o di piombo nell'aria (PbA) è superiore a 40 microgrammi/100ml o 0,075 mg/m^3 deve essere annuale per l'esame medico e semestrale per il controllo biologico.

In base ai risultati ottenuti, tale periodicità potrà divenire, in via temporanea o permanente, semestrale, trimestrale, mensile ecc., sempre a giudizio medico e in funzione dei rilievi clinici, delle caratteristiche personali e delle condizioni concrete di esposizione. Al contenuto di base si possono aggiungere, in modo circostanziale e per chiarire discordanze o risultati preliminari, prove complementari come la ZPP o prove neurocomportamentali.

Circostanziale

In questa categoria rientrano gli esami medici motivati dalla comparsa di un danno in uno o più lavoratori di un gruppo omogeneo a rischio, da cambiamenti dell'esposizione professionale (sia per problemi occasionali, sia per variazioni delle condizioni di esposizione) o ancora per cambiamenti temporanei o permanenti delle caratteristiche personali di un lavoratore.

Al riconoscimento di base, si devono aggiungere tutte le prove che si ritengono idonee per rilevare tempestivamente i possibili effetti connessi a tali cambiamenti. In particolare, nelle donne gestanti o in periodo di allattamento, la cui esposizione sia paragonabile all'esposizione della popolazione generale di riferimento o inferiore a 30 microgrammi/100 ml (scegliendo sempre l'opzione più favorevole) si devono effettuare determinazioni del PbS almeno ogni tre mesi.

Per questo motivo, sempre a giudizio medico, secondo le circostanze di esposizione e le caratteristiche individuali e per migliorare la protezione della salute degli stessi, si ritengono opportune le raccomandazioni riassunte nella tabella II.3.

2005_1599_IT.indd 72 10-10-2006 17:54:49

Tabella II.3 – Raccomandazioni sulla supervisione sanitaria e sul controllo biologico

PbS in µg/100ml / Categoria di lavoratori (1)	> valore popolazione di riferimento oppure < 40	41-50	51-60	61-70	> 70
Lavoratori in genere	Raccomandazione: SS e CB a giudizio medico	**SS e CB obbligatori** Raccomandazione: SS annuale e CB ogni sei mesi		Raccomandazione: revisione delle condizioni e delle modifiche operative, SS annuale o più frequente a giudizio medico, CB trimestrale	**Revisione delle condizioni, modifiche operative (obbligatorio)** Raccomandazione: allontanamento dal posto di lavoro (**), SS annuale o più frequente a giudizio medico, CB bimestrale
Donne in gravidanza, che hanno partorito di recente o in periodo di allattamento	Raccomandazione: allontanamento dal posto di lavoro (*)				
Minori di 18 anni	Raccomandazione: SS e CB a giudizio medico	Raccomandazione: revisione delle condizioni e delle modifiche operative, SS annuale e CB trimestrale	Raccomandazione: allontanamento dal posto di lavoro (**), SS annuale o più frequente a giudizio medico e CB bimestrale		

(1) La supervisione sanitaria è soggetta alle caratteristiche individuali del lavoratore in ciascun caso.
(*) Il ritorno al lavoro deve avvenire quando è cessato il rischio per la donna, il feto o il lattante e ciò viene autorizzato dal medico responsabile.
(**) Il ritorno al lavoro deve avvenire quando il valore del PbS è inferiore al valore limite biologico vincolante, a livello europeo o nazionale, di preferenza in due dosaggi consecutivi (in un intervallo di due mesi).

NB: SS: supervisione sanitaria.
CB: controllo biologico.

2005_1599_IT.indd 73 10-10-2006 17:54:49

2005_1599_IT.indd 74 10-10-2006 17:54:49

PARTE III

2005_1599_IT.indd 75 10-10-2006 17:54:49

2005_1599_IT.indd 76 10-10-2006 17:54:49

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. REGOLAMENTI, DIRETTIVE E ALTRI DOCUMENTI LEGISLATIVI CITATI

Regolamento (CEE) n. 793/93 del Consiglio, del 23 marzo 1993, relativo alla valutazione al controllo dei rischi presentati dalle sostanze esistenti (GU L 84 del 5.4.1993).

Direttiva 67/548/CEE del Consiglio, concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura delle sostanze pericolose (GU L 196 del 16.8.1967) (e successive modifiche e adattamenti al progresso tecnico).

Direttiva 89/654/CEE del Consiglio, del 30 novembre 1989, relativa alle disposizioni minime di sicurezza e di salute per i luoghi di lavoro (prima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE) (GU L 393 del 30.12.1989).

Direttiva 89/655/CEE del Consiglio, del 30 novembre 1989, relativa alle disposizioni minime di sicurezza e di salute per l'utilizzazione delle attrezzature di lavoro (seconda direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE) (GU L 393 del 30.12.1989).

Direttiva 89/391/CEE del Consiglio, del 12 giugno 1989, relativa all'attuazione di misure volte a promuovere il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori (GU L 183 del 29.6.1989).

Direttiva 90/394/CEE del Consiglio, del 28 giugno 1990, relativa alla protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti dall'esposizione ad agenti cancerogeni durante il lavoro (sesta direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CE) (GU L 196 del 26.7.1990).

Direttiva 91/155/CEE della Commissione, del 5 marzo 1991, che definisce e fissa, in applicazione dell'articolo 10 della direttiva 88/379/CEE del Consiglio, le modalità del sistema di informazione specifica concernente i preparati pericolosi (GU L 76 del 22.3.1991) (e successive modifiche).

Direttiva 92/58/CEE del Consiglio, del 24 giugno 1992, relativa alle disposizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro (nona direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE) (GU L 245 del 26.8.1992).

Direttiva 92/85/CEE del Consiglio, del 19 ottobre 1992, relativa all'attuazione di misure volte a promuovere il miglioramento della sicurezza e della salute delle lavoratrici gestanti, puerpere o in periodo di allattamento (decima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE) (GU L 348 del 28.11.1992).

Direttiva 93/75/CEE del Consiglio, del 13 settembre 1993, relativa alle condizioni minime necessarie per le navi dirette a porti marittimi della Comunità o che ne escono e che trasportano merci pericolose o inquinanti (GU L 247 del 5.10.1993).

Direttiva 94/9/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 marzo 1994, relativa al ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri in materia di apparecchi e sistemi di protezione destinati ad essere utilizzati in atmosfere potenzialmente esplosive (GU L 100 del 19.4.1994).

Direttiva 94/33/CE del Consiglio, del 22 giugno 1994, relativa alla protezione dei giovani sul lavoro (GU L 216 del 20.8.1994).

Direttiva 96/39/CE del Consiglio, del 19 giugno 1996 (GU L 196 del 7.8.1996) (e successive modifiche).

2005_1599_IT.indd 77 10-10-2006 17:54:50

Direttiva 96/49/CE del Consiglio, del 23 luglio 1996, concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative al trasporto di merci pericolose per ferrovia (GU L 235 del 17.9.1996) (e successive modifiche).

Direttiva 96/82/CE del Consiglio, del 9 dicembre 1996, relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose (GU L 10 del 14.1.1997).

Direttiva 97/42/CE del Consiglio, del 27 giugno 1997, che modifica per la prima volta la direttiva 90/394/CEE (GU L 179 dell'8.7.1997).

97/C 267/16. Proposta di direttiva del Consiglio relativa al ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri in materia di trasporto di merci pericolose per via navigabile e successive modifiche.

Direttiva 98/24/CE del Consiglio, del 7 aprile 1998, relativa alla protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro (quattordicesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE) (GU L 131 del 5.5.1998).

Direttiva 98/37/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 22 giugno 1998, concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle macchine (GU L 207 del 23.7.1998).

Direttiva 1999/38/CE del Consiglio, del 29 aprile 1999, che modifica per la seconda volta la direttiva 90/394/CEE (GU L 138 dell'1.6.1999).

Direttiva 1999/92/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 dicembre 1999, relativa alle prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori che possono essere esposti al rischio di atmosfere esplosive (quindicesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CE) (GU L 23 del 28.1.2000).

Direttiva 1999/45/CE, del Parlamento europeo e del Consiglio, del 31 maggio 1999, concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati membri relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura dei preparati pericolosi (GU L 200 del 30.7.1999).

Direttiva 2000/39/CE della Commissione, dell'8 giugno 2000, relativa alla messa a punto di un primo elenco di valori limite indicativi in applicazione della direttiva 98/24/CE del Consiglio sulla protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti dall'esposizione agli agenti chimici durante il lavoro (GU L 142 del 16.6.2000).

Risoluzione 2001/C 121/04 del Parlamento europeo, relativa al rapporto della Commissione sull'applicazione della direttiva 92/85/CEE (GU C 121 del 24.4.2001).

Direttiva 2001/60/CE della Commissione, del 7 agosto 2001, recante adeguamento al progresso tecnico della direttiva 1999/45/CE (GU L 226 del 22.8.2001).

Direttiva 2003/18/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 27 marzo 2003, con la quale si modifica la direttiva 83/477/CEE del Consiglio sulla protezione dei lavoratori contro i rischi connessi con un'esposizione all'amianto durante il lavoro (GU L 97 del 15.4.2003).

COM(2000) 466 def. Comunicazione della Commissione, del 5 novembre 2000, sulle linee direttrici per la valutazione degli agenti chimici, fisici e biologici, nonché dei processi industriali ritenuti pericolosi per la salute o la sicurezza delle lavoratrici gestanti, puerpere o in periodo di allattamento.

European Chemical Industry Council. Guidance on the health protection of pregnant, recently delivered and breast-feeding women at work. Implementation of Directive 92/85/EEC.

COM(2001) 68 def., Commissione delle Comunità europee. Libro verde sulla politica integrata relativa ai prodotti. Bruxelles, 7.2.2001.

COM(2001) 88 def., Commissione delle Comunità europee. Libro bianco sulla strategia per una politica futura in materia di sostanze chimiche. Bruxelles, 27.2.2001.

2005_1599_IT.indd 78 10-10-2006 17:54:50

2. NORME EUROPEE

EN 481:1993 Workplaces atmospheres – Size fraction definitions for measurement of airborne particles.

EN 482:1994 Workplace atmospheres – General requirements for the performance of procedures for measurement of chemical agents.

EN 689:1995 Workplace atmospheres – Guidance for the assessment of exposure to chemical agents for comparison with limit values and measurement strategy.

EN 838:1995 Workplace atmospheres – Diffusive samplers for the determination of gases and vapours – Requirements and test methods.

EN 1076:1997 Workplace atmospheres – Pumped sorbent tubes for the determination of gases and vapours – Requirements and test methods.

EN 1231:1996 Workplace atmospheres – Short term detector tube measurement systems – Requirement and test methods.

EN 1232:1997 Workplace atmospheres – Pumps for personal sampling of chemical agents – Requirements and test methods.

EN 1540:1998 Workplace atmospheres – Terminology.

EN 12919:1999 Workplace atmospheres – Pumps for the samplig of chemical agents with a volume flow rate of over 5 l/min – Requirements and test methods.

EN 13205:2001 Workplace atmospheres – Assessment of performance of instruments for measurement of airborne particle concentrations.

EN 13890:2002 Workplace atmospheres – Procedures for measuring metals and metalloids in airborne particles – Requirements and test methods.

ENV 13936:2001 Workplace atmospheres – Measurement of chemical agents present as mixtures of airborne particles and vapours – Requirement and test methods.

EN 14042:2003 Workplace atmospheres – Guide for the application and use of procedures for the assessment of chemical and biological agents.

EN-DIS 15189:2002 Medical Laboratories – Particular requirements for quality and competence.

3. RACCOLTE DI METODI ANALITICI

Deutsche Forschungsgemeinschaft, *Analysis of hazardous substances in air*, vol. 1-6, DFG Verlag Chemie, Germania, 2002.

Health and Safety Executive, *Methods for the Determination of Hazardous Substances*, HSE Occupational Medicine and Hygiene Laboratory, Regno Unito.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, *Métodos de Toma de Muestras y Análisis*, INSHT, Spagna.

Institut National de Recherche et de Sécurité, *Métrologie de Pollutants – Recueil des méthodes de prélèvement et d'analyse de l'air pour l'évaluation de l'exposition professionnelle aux agentss chimiques*, INRS, Francia.

2005_1599_IT.indd 79 10-10-2006 17:54:50

National Institute for Occupational Safety and Health, *NIOSH Manual of Analytical Methods*, 4ª ed. DHHS (NIOSH), pub. n. 94-113, USA, 1994.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), *Documentation of the NIOSH Validation Tests*, DHEW (NIOSH), pub. n. 77-185, USA.

Occupational Safety and Health Administration, *Analytical Methods Manual*, OSHA, USA.

Occupational Safety and Health Administration, *Sampling and Analytical Methods*, OSHA, USA.

4. BIBLIOGRAFIA GENERALE

Asociación Internacional de la Seguridad Social, *Almacenamiento de sustancias peligrosas – Compendio práctico*, ISSA Prevention series n. 2001 (Sp).

Bestratén M., Pareja F., *Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente*, Nota Técnica de Prevención, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, n. 330-1993.

Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit, *The Colum Model – An aid to risk identification and substitute assessment*, 2001.

CNAM-CRAM-INRS, *Produits dangereux – Guide d'évaluation des risques*.

Coordinamento tecnico per la prevenzione degli assessorati alla sanità delle regioni e province autonome di Trento e Bolzano, *Decreto Legislativo n. 626/94 TITOLO VII-bis. Protezione da agenti chimici – Linee Guida.*

Duarte G., Piqué T., *Evaluación del riesgo de incendio,* Nota Técnica de Prevención, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, n. 599-2003.

Fine, W.T., «Mathematical Evaluations for Controlling Hazard» (incluso nel volume pubblicato da Widner, J.T., *Selected Readings in Safety*), Academic Press, International Safety Academy, Macon, Georgia, 1973.

Health and Safety Executive, *COSHH Essentials*, 2003.

Health and Safety Executive, *Biological monitoring in the workplace. A guide to its practical application to chemical exposure*, HSE Books, seconda edizione, 1997.

Health and Safety Executive, *Monitoring strategies for toxic substances*, HSE Books, 1997.

Hodgkinson, E., *Guidelines for the Medical Surveillance of Lead Workers*, Nuova Zelanda, 1994.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, *Guía Técnica del RD 374/2001 para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo*, INSHT, 2002.

Leidel, Busch, Lynch, *Occupational Exposure Sampling Strategy Manual*, NIOSH, 1977.

Ministerio de Sanidad y Consumo de España, *Plomo – Protocolo de vigilancia sanitaria específica.*

Obiols, J., *Control Biológico de los trabajadores expuestos a contaminantes químicos,* Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1999.

Occupational Safety and Health Association, *Lead* – 1910.1025.

Occupational Safety and Health Association, *Medical surveillance guidelines* – 1910.1025 App C.

Occupational Safety and Health Association, *Non Mandatory Protocol for Biological Monitoring* – 1910.1027 App F.

2005_1599_IT.indd 80 10-10-2006 17:54:50

Rhodia, *Guide de l'hygiene industrielle. Évaluation quantitative des expositions professionelles aux agents chimiques par inhalation*, comunicazione personale.

TRGS 440, «Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen durch Gefahrstoffe am Arbeitsplatz: Ermitteln von Gefahrstoffen und Methoden zur Ersatzstoffprüfung» (*Bundesarbeitsblatt* 3/2001, pagg. 105-112, corretto in BArbBl. 4/2001 pag. 108, emendato in 3/2002 pag. 67).

Union des industries chimiques, *Outil d'évaluation des risques liés aux produits chimiques*, Document DT 63, ottobre 1999.

Union des industries chimiques, *Cahier de sécurité n° 13. Sécurité des installations. Méthodologie de l'analyse de risque*, Document DT 54, marzo 1998.

2005_1599_IT.indd 81 10-10-2006 17:54:50

2005_1599_IT.indd 82 10-10-2006 17:54:50

ALLEGATI

2005_1599_IT.indd 83 10-10-2006 17:54:51

2005_1599_IT.indd 84 10-10-2006 17:54:51

ALLEGATO I
FRASI R, FRASI S E LORO COMBINAZIONI

Frasi R di rischio

R1	Esplosivo allo stato secco.
R2	Rischio di esplosione per urto, sfregamento, fuoco o altre sorgenti di ignizione.
R3	Alto rischio di esplosione per urto, sfregamento, fuoco o altre sorgenti di ignizione.
R4	Forma composti metallici esplosivi molto sensibili.
R5	Pericolo di esplosione per riscaldamento.
R6	Pericolo di esplosione, a contatto o senza contatto con l'aria.
R7	Può provocare incendi.
R8	Pericolo di incendio a contatto con materie combustibili.
R9	Esplosivo in miscela con materie combustibili.
R10	Infiammabile.
R11	Facilmente infiammabile.
R12	Estremamente infiammabile.
R14	Reagisce violentemente con l'acqua.
R15	A contatto con l'acqua libera gas estremamente infiammabili.
R16	Pericolo di esplosione se mescolato con sostanze comburenti.
R17	Spontaneamente infiammabile all'aria.
R18	Durante l'uso può formare miscele aria-vapore esplosive/infiammabili.
R19	Può formare perossidi esplosivi.
R20	Nocivo per inalazione.
R21	Nocivo a contatto con la pelle.
R22	Nocivo per ingestione.
R23	Tossico per inalazione.
R24	Tossico a contatto con la pelle.
R25	Tossico per ingestione.
R26	Molto tossico per inalazione.
R27	Molto tossico a contatto con la pelle.
R28	Molto tossico per ingestione.
R29	A contatto con l'acqua libera gas tossici.
R30	Può divenire facilmente infiammabile durante l'uso.
R31	A contatto con acidi libera gas tossici.
R32	A contatto con acidi libera gas molto tossici.
R33	Pericolo di effetti cumulativi.
R34	Provoca ustioni.

2005_1599_IT.indd 85 10-10-2006 17:54:51

R35	Provoca gravi ustioni.
R36	Irritante per gli occhi.
R37	Irritante per le vie respiratorie.
R38	Irritante per la pelle.
R39	Pericolo di effetti irreversibili molto gravi.
R40([1])	Possibili effetti cancerogeni.
R41	Rischio di gravi lesioni oculari.
R42	Può provocare sensibilizzazione per inalazione.
R43	Può provocare sensibilizzazione per contatto con la pelle.
R44	Rischio di esplosione per riscaldamento in ambiente confinato.
R45	Può provocare il cancro.
R46	Può provocare alterazioni genetiche ereditarie.
R48	Pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata.
R49	Può provocare il cancro per inalazione.
R50	Altamente tossico per gli organismi acquatici.
R51	Tossico per gli organismi acquatici.
R52	Nocivo per gli organismi acquatici.
R53	Può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico.
R54	Tossico per la flora.
R55	Tossico per la fauna.
R56	Tossico per gli organismi del terreno.
R57	Tossico per le api.
R58	Può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente.
R59	Pericoloso per lo strato di ozono.
R60	Può ridurre la fertilità.
R61	Può danneggiare i bambini non ancora nati.
R62	Possibile rischio di ridotta fertilità.
R63	Possibile rischio di danni ai bambini non ancora nati.
R64	Possibile rischio per i bambini allattati al seno.
R65	Nocivo. Può causare danni polmonari se ingerito.
R66	L'esposizione ripetuta può provocare secchezza e screpolatura della pelle.
R67	L'inalazione di vapori può provocare sonnolenza e vertigini.
R68	Possibilità di effetti irreversibili.

([1]) Modificata recentemente. In precedenza aveva il significato dell'attuale R68, che è stata aggiunta a proposito di tale cambiamento. Bisogna tenere conto di questa modifica nei casi di etichette o schede dati di sicurezza non aggiornate.

2005_1599_IT.indd 86 10-10-2006 17:54:51

Combinazione di frasi R

R14/15	Reagisce violentemente con l'acqua, liberando gas estremamente infiammabili.
R15/29	A contatto con l'acqua libera gas tossici ed estremamente infiammabili.
R20/21	Nocivo per inalazione e a contatto con la pelle.
R20/22	Nocivo per inalazione e per ingestione.
R20/21/22	Nocivo per inalazione, per ingestione e a contatto con la pelle.
R21/22	Nocivo a contatto con la pelle e per ingestione.
R23/24	Tossico per inalazione e a contatto con la pelle.
R23/25	Tossico per inalazione e per ingestione.
R23/24/25	Tossico per inalazione, per ingestione e a contatto con la pelle.
R24/25	Tossico a contatto con la pelle e per ingestione.
R26/27	Molto tossico per inalazione e a contatto con la pelle.
R26/28	Molto tossico per inalazione e per ingestione.
R26/27/28	Molto tossico per inalazione, per ingestione e a contatto con la pelle.
R27/28	Molto tossico a contatto con la pelle e per ingestione.
R36/37	Irritante per gli occhi e per le vie respiratorie.
R36/38	Irritante per gli occhi e per la pelle.
R36/37/38	Irritante per gli occhi, per la pelle e per le vie respiratorie.
R37/38	Irritante per le vie respiratorie e per la pelle.
R39/23	Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione.
R39/24	Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per contatto con la pelle.
R39/25	Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per ingestione.
R39/23/24	Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione e per contatto con la pelle.
R39/23/25	Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione e per ingestione.
R39/24/25	Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per contatto con la pelle e per ingestione.
R39/23/24/25	Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione, per contatto con la pelle e per ingestione.
R39/26	Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione.
R39/27	Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per contatto con la pelle.
R39/28	Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per ingestione.
R39/26/27	Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione e per contatto con la pelle.
R39/26/28	Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione e per ingestione.
R39/27/28	Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per contatto con la pelle e per ingestione.
R39/26//27/28	Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione, per contatto con la pelle e per ingestione.
R42/43	Può provocare sensibilizzazione per inalazione e per contatto con la pelle.
R48/20	Nocivo: pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata per inalazione.
R48/21	Nocivo: pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata per contatto con la pelle.

2005_1599_IT.indd 87 17-10-2006 15:03:11

R48/22	Nocivo: pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata per ingestione.
R48/20/21	Nocivo: pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata per inalazione e per contatto con la pelle.
R48/20/22	Nocivo: pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata per inalazione e per ingestione.
R48/21/22	Nocivo: pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata per contatto con la pelle e per ingestione.
R48/20/21/22	Nocivo: pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata per inalazione, per contatto con la pelle e per ingestione.
R48/23	Tossico: pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata per inalazione.
R48/24	Tossico: pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata per contatto con la pelle.
R48/25	Tossico: pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata per ingestione.
R48/23/24	Tossico: pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata per inalazione e per contatto con la pelle.
R48/23/25	Tossico: pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata per inalazione e per ingestione.
R48/24/25	Tossico: pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata per contatto con la pelle e per ingestione.
R48/23//24/25	Tossico: pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata per inalazione, per contatto con la pelle e per ingestione.
R50/53	Molto tossico per gli organismi acquatici, può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico.
R51/53	Tossico per gli organismi acquatici, può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico.
R52/53	Nocivo per gli organismi acquatici, può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico.
R68/20(*)	Nocivo: può provocare effetti irreversibili per inalazione.
R68/21(*)	Nocivo: può provocare effetti irreversibili per contatto con la pelle.
R68/22(*)	Nocivo: può provocare effetti irreversibili per ingestione.
R68/20/21(*)	Nocivo: può provocare effetti irreversibili per inalazione e per contatto con la pelle.
R68/20/22(*)	Nocivo: può provocare effetti irreversibili per inalazione e per ingestione.
R68/21/22(*)	Nocivo: può provocare effetti irreversibili per contatto con la pelle e per ingestione.
R68/20/21/22(*)	Nocivo: può provocare effetti irreversibili per inalazione, per contatto con la pelle e per ingestione.

(*) Anteriormente alla modifica del testo della frase R40 e all'aggiunta della frase R68, in tutte queste combinazioni di frasi figurava la R40 al posto della R68.

2005_1599_IT.indd 88 10-10-2006 17:54:52

Frasi S di prudenza

S1	Conservare sotto chiave.
S2	Conservare fuori della portata dei bambini.
S3	Conservare in luogo fresco.
S4	Conservare lontano dai locali di abitazione.
S5	Conservare sotto ... (liquido appropriato da indicarsi da parte del fabbricante).
S6	Conservare sotto ... (gas inerte da indicarsi da parte del fabbricante).
S7	Conservare il recipiente ben chiuso.
S8	Conservare il recipiente al riparo dall'umidità.
S9	Conservare il recipiente in luogo ben ventilato.
S12	Non chiudere ermeticamente il recipiente.
S13	Conservare lontano da alimenti e mangimi o da bevande.
S14	Conservare lontano da ... (sostanze incompatibili da precisare da parte del produttore).
S15	Conservare lontano dal calore.
S16	Conservare lontano da fiamme e scintille — Non fumare.
S17	Conservare lontano da sostanze combustibili.
S18	Manipolare e aprire il recipiente con cautela.
S20	Non mangiare né bere durante l'impiego.
S21	Non fumare durante l'impiego.
S22	Non respirare le polveri.
S23	Non respirare i gas/fumi/vapori/aerosol [termine(i) appropriato(i) da precisare da parte del produttore].
S24	Evitare il contatto con la pelle.
S25	Evitare il contatto con gli occhi.
S26	In caso di contatto con gli occhi, lavare immediatamente e abbondantemente con acqua e consultare un medico.
S27	Togliersi di dosso immediatamente gli indumenti contaminati.
S28	In caso di contatto con la pelle, lavarsi immediatamente e abbondantemente con ... (con prodotti idonei da indicarsi da parte del produttore).
S29	Non gettare i residui nelle fognature.
S30	Non versare acqua sul prodotto.
S33	Evitare l'accumulo di cariche elettrostatiche.
S35	Non disfarsi del prodotto e del recipiente se non con le dovute precauzioni.
S36	Usare indumenti protettivi adatti.
S37	Usare guanti adatti.
S38	In caso di ventilazione insufficiente, usare un apparecchio respiratorio adatto.
S39	Proteggersi gli occhi/la faccia.
S40	Per pulire il pavimento e gli oggetti contaminati da questo prodotto, usare... (da precisare da parte del produttore).
S41	In caso di incendio e/o esplosione non respirare i fumi.

2005_1599_IT.indd 89 10-10-2006 17:54:52

S42	Durante le fumigazioni/polimerizzazioni usare un apparecchio respiratorio adatto [termine(i) appropriato(i) da precisare da parte del produttore].
S43	In caso di incendio usare ... (mezzi estinguenti idonei da indicarsi da parte del produttore). Se l'acqua aumenta il rischio precisare: «Non usare acqua»).
S45	In caso di incidente o di malessere consultare immediatamente il medico (se possibile, mostrargli l'etichetta).
S46	In caso d'ingestione consultare immediatamente il medico e mostrargli il contenitore o l'etichetta.
S47	Conservare a temperatura non superiore a ... °C (da precisare da parte del produttore).
S48	Mantenere umido con ... (mezzo appropriato da precisare da parte del produttore).
S49	Conservare soltanto nel recipiente originale.
S50	Non mescolare con ... (da precisare da parte del produttore).
S51	Usare soltanto in luogo ben ventilato.
S52	Non utilizzare su grandi superfici in locali abitati.
S53	Evitare l'esposizione — Procurarsi speciali istruzioni prima dell'uso.
S56	Smaltire questa sostanza e il relativo contenitore in un punto di raccolta rifiuti pericolosi o speciali autorizzato.
S57	Usare contenitori adeguati per evitare l'inquinamento ambientale.
S59	Richiedere informazioni al produttore/fornitore per il recupero/riciclaggio.
S60	Questo materiale e il suo contenitore devono essere smaltiti come rifiuti pericolosi.
S61	Non disperdere nell'ambiente. Riferirsi alle istruzioni speciali delle schede informative in materia di sicurezza.
S62	In caso di ingestione non provocare il vomito: consultare immediatamente il medico e mostrargli il contenitore o l'etichetta.
S63	In caso di incidente per inalazione, allontanare l'infortunato dalla zona contaminata e mantenerlo a riposo.
S64	In caso di ingestione sciacquare la bocca con acqua (solamente se l'infortunato è cosciente).

Combinazione di frasi S

S1/2	Conservare sotto chiave e fuori della portata dei bambini.
S3/7	Conservare il recipiente ben chiuso in luogo fresco.
S3/9/14	Conservare in luogo fresco e ben ventilato lontano da ... (sostanze incompatibili da precisare da parte del produttore).
S3/9/14/49	Conservare soltanto nel contenitore originale in luogo fresco e ben ventilato lontano da ... (sostanze incompatibili da precisare da parte del produttore).
S3/9/49	Conservare soltanto nel contenitore originale, in luogo fresco e ben ventilato.
S3/14	Conservare in luogo fresco lontano da ... (sostanze incompatibili da precisare da parte del produttore).
S7/8	Conservare il recipiente ben chiuso e al riparo dall'umidità.
S7/9	Conservare il recipiente ben chiuso e in luogo ben ventilato.
S7/47	Tenere il recipiente ben chiuso e a temperatura non superiore a ... °C (da precisare da parte del produttore).

2005_1599_IT.indd 90 10-10-2006 17:54:53

S20/21	Non mangiare, né bere, né fumare durante l'impiego.
S24/25	Evitare il contatto con gli occhi e con la pelle.
S27/28	Dopo il contatto con la pelle, togliersi di dosso immediatamente gli indumenti contaminati.
S29/35	Non gettare i residui nelle fognature; non disfarsi del prodotto e del recipiente se non con le dovute precauzioni.
S29/56	Non gettare i residui nelle fognature; smaltire questa sostanza e il relativo contenitore in un punto di raccolta rifiuti pericolosi o speciali autorizzato.
S36/37	Usare indumenti protettivi e guanti adatti.
S36/37/39	Usare indumenti protettivi e guanti adatti e proteggersi gli occhi/la faccia.
S36/39	Usare indumenti protettivi adatti e proteggersi gli occhi/la faccia.
S37/39	Usare guanti adatti e proteggersi gli occhi/la faccia.
S47/49	Conservare soltanto nel contenitore originale a temperatura non superiore a ... °C (da precisare da parte del produttore).

2005_1599_IT.indd 91 10-10-2006 17:54:53

2005_1599_IT.indd 92 10-10-2006 17:54:53

ALLEGATO 2
METODOLOGIE SEMPLIFICATE DI VALUTAZIONE DEI RISCHI

Le metodologie semplificate possono essere molto d'aiuto (soprattutto per le piccole e medie imprese) per effettuare la valutazione iniziale del rischio e determinare se è necessario attuare misure di controllo. Come indicato al quadro I.5 di queste linee direttrici, il processo di valutazione del rischio si svolge, nella maggior parte dei casi, con una stima dettagliata, a meno che il rischio rilevato nella fase iniziale sia ridotto. Così, in principio, queste metodologie non costituiscono un'alternativa a una valutazione dettagliata del rischio, ma servono a una prima analisi della situazione. Alcune formulano raccomandazioni sul tipo di misure da attuare, a seconda del livello di rischio e della natura dell'operazione o del procedimento valutato.

Le variabili generalmente considerate dalle diverse metodologie sono:

- pericolosità intrinseca degli agenti chimici,
- frequenza/tempo di esposizione,
- quantità di agente chimico utilizzato o presente,
- volatilità o polverulenza dell'agente chimico,
- modo d'uso,
- tipo di controllo.

Attribuendo indici semiquantitativi ad alcune di queste variabili (trattandosi di metodologie semplificate, in genere non vengono selezionate tutte), si ottiene una classificazione del rischio.

A titolo di esempio si presentano di seguito:

a) una metodologia semplificata per la valutazione dei rischi dell'esposizione (inalatoria o dermica) agli agenti chimici;

b) una metodologia semplificata per la valutazione del rischio di incidente derivante dalla presenza di agenti chimici.

A. METODOLOGIA SEMPLIFICATA PER LA VALUTAZIONE DEI RISCHI DELL'ESPOSIZIONE AD AGENTI CHIMICI PERICOLOSI

Questa metodologia è stata elaborata dalla «Health & Safety Executive» per la valutazione dei rischi dell'esposizione ad agenti chimici pericolosi ed è denominata «COSHH Essentials».

Si tratta di una metodologia per determinare la misura di controllo adeguata all'operazione che si sta valutando, e non propriamente per determinare il livello di rischio esistente. Questo è il suo maggior punto di forza, poiché fornisce soluzioni di carattere pratico sotto forma di numerose «schede di controllo».

Di seguito dimostreremo l'assunto che i livelli di controllo ottenibili con questo metodo corrispondono a livelli di rischio. Saranno livelli di rischio «potenziale», poiché non intervengono le misure di controllo esistenti come variabile di ingresso del metodo. Una volta classificato il rischio in 4 livelli, si forniscono alcune indicazioni generali circa il modo di procedere ad ogni livello.

Di seguito viene riprodotta la parte relativa alla classificazione dei rischi in 4 gruppi ([19]). Essa si basa sulla considerazione di tre variabili del processo.

a) La pericolosità intrinseca della sostanza
b) La sua tendenza a disperdersi nell'ambiente
c) La quantità di sostanza utilizzata in ogni operazione

a) La *pericolosità intrinseca delle sostanze*, secondo quanto indicato nella tabella A2.1, è classificata in cinque categorie, A, B, C, D ed E in funzione delle frasi R che devono figurare sull'etichetta del prodotto e nella relativa scheda informativa di sicurezza.

([19]) La metodologia completa (*COSHH Essentials*, Health and Safety Executive, 2003) può essere consultata all'indirizzo http://www.coshh-essentials.org.uk

2005_1599_IT.indd 93 10-10-2006 17:54:53

Inoltre, alcune sostanze possono presentare rischi dovuti al contatto con la pelle o con le mucose esterne; tali sostanze sono quelle cui sono state assegnate le frasi R riunite nella tabella A2.2. Quando tali rischi si presentano subito dopo il contatto (per esempio, frase R34 «provoca ustioni»), la valutazione del rischio associato a questo effetto avverrà secondo quanto indicato nella sezione B di questo allegato.

Tabella A.2.1 – Pericolosità intrinseca per inalazione delle sostanze chimiche ([1])

A	B	C	D	E
R36 R36/38 R38	R20 R20/21 R20/21/22 R20/22	R23 R23/24 R23/24/25 R23/25	R26 R26/27 R26/27/28 R26/28	Mutageno categoria 3, R40
R65 R67	R21 R21/22	R24 R24/25	R27 R27/28	R42 R42/43
Tutte le sostanze cui non vengono assegnate le frasi R corrispondenti ai gruppi B ed E	R22	R25	R28	R45
		R34	Cancerogeno categoria 3, R40	R46
		R35	R48/23 R48/23/24 R48/23/24/25 R48/23/25 R48/24 R48/24/25 R48/25	R49
		R36/37 R36/37/38	R60 R61 R62 R63	Mutageno categoria 3, R68
		R37 R37/38		
		R41		
		R43		
		R48/20 R48/20/21 R48/20/21/22 R48/20/22 R48/21 R48/21/22 R48/22		

([1]) Il livello di pericolosità cresce da A ad E.

2005_1599_IT.indd 94 17-10-2006 15:03:11

Quando al posto di (od oltre a) quanto esposto in precedenza, l'ACP presenta rischi dovuti al contatto con la pelle a lungo termine (per esempio, frase R48 «Pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata»), si dovrà ricorrere direttamente a misure preventive volte a impedire il contatto dell'ACP con la pelle o le mucose, poiché in tal caso non si dispone, per il momento, di sistemi di valutazione semplici ([20]).

b) La *tendenza a disperdersi nell'ambiente* è classificata in alta, media e bassa ed è misurata, nel caso dei liquidi, dalla loro volatilità e temperatura operativa (figura A.2.1), che determinano la capacità di evaporazione dell'agente e, nel caso dei solidi, dalla loro tendenza a produrre polvere (tabella A.2.3).

Tabella A.2.2 – Gruppo di rischio dermico (S). Sostanze pericolose a contatto con la pelle o gli occhi

R21	R27	R38	R48/24
R20/21	R27/28	R37/38	R48/23/24
R20/21/22	R26/27/28	R41	R48/23/24/25
R21/22	R26/27	R43	R48/24/25
R24	R34	R42/43	R66
R23/24	R35	R48/21	
R23/24/25	R36	R48/20/21	
R24/25	R36/37	R48/20/21/22	
	R36/38	R48/21/22	
	R36/37/38		

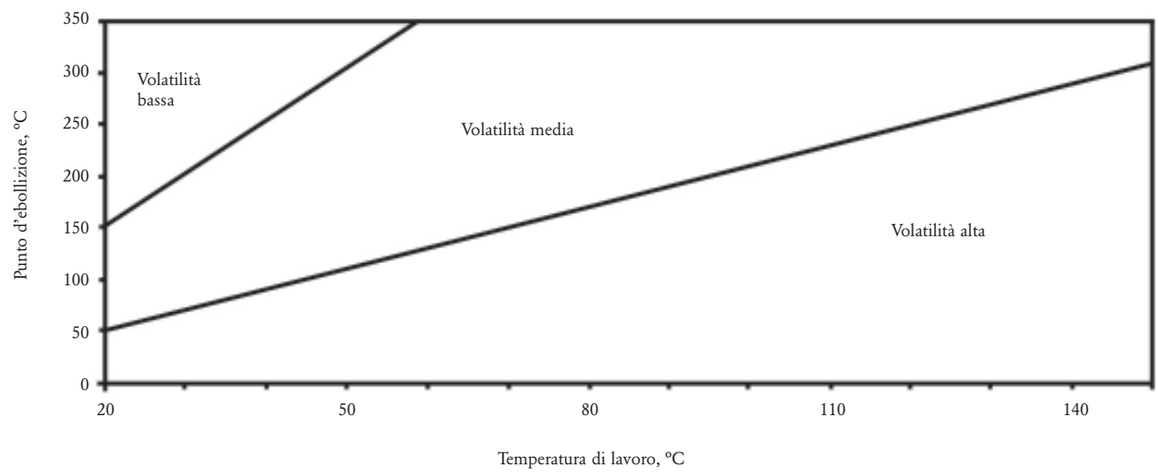


Figura A.2.1 – Livelli di volatilità dei liquidi

([20]) Il progetto europeo «Riskofderm» sta sviluppando uno strumento per la valutazione e la gestione dei rischi dell'esposizione dermica. Per ulteriori informazioni, consultare Ann. occup. Hyg., vol. 47, n. 8, pagg. 629-640, 2003 e l'indirizzo web: http://www.iras.uu.nl/research/projects_exp_assess_occ_hyg/ex02.php

2005_1599_IT.indd 95 10-10-2006 17:54:54

Tabella A.2.3 – Tendenza dei solidi a produrre polvere ([1])

Bassa	Media	Alta
Sostanze sotto forma di granulato (*pellet*) che non hanno tendenza a rompersi. Non si riscontra produzione di polvere durante il loro uso. Esempi: granulato di PVC, scaglie di ardesia, pepite ecc.	Solidi granulari o cristallini. Quando si utilizzano, si riscontra produzione di polvere, che si deposita rapidamente e si osserva sulle superfici adiacenti. Esempio: polvere di detersivo.	Polveri fini e a bassa densità. Quando si utilizzano, si osserva che producono nugoli di polvere, che permangono nell'aria per diversi minuti. Esempi: cemento, nerofumo, gesso ecc.

([1]) In caso di dubbio, scegliere la categoria superiore.

c) La *quantità di sostanza* impiegata viene classificata in piccola, media o grande secondo quanto indicato nella tabella A2.4.

Con queste tre informazioni, la tabella A2.5 indica il livello di rischio prevedibile in funzione della categoria di pericolosità, della tendenza a disperdersi nell'ambiente e della quantità di sostanza utilizzata. Sono stati considerati quattro livelli, a ognuno dei quali corrisponde una strategia preventiva che viene descritta di seguito e che, comunque, deve comprendere l'applicazione dei principi generali di prevenzione (articolo 5 della direttiva), i quali saranno trattati più avanti in questa guida.

Tabella A.2.4 – Quantità di sostanza utilizzata (in ordine di grandezza)

Quantità di sostanza	Quantità utilizzata per ogni operazione
Piccola	Grammi o millilitri
Media	Chilogrammi o litri
Grande	Tonnellate o metri cubi

Una volta determinato il livello di rischio, il metodo offre soluzioni tecniche di tipo diverso secondo l'operazione che si sta valutando. Non vengono qui esattamente riprodotte queste schede di controllo, tuttavia nel capitolo 3 della parte I (Misure specifiche di prevenzione e protezione) vengono mostrate alcune di queste soluzioni sul retro di ogni scheda.

Le azioni da intraprendere dopo avere classificato il rischio si possono riassumere nel modo seguente:

Livello di rischio 1

In genere, in queste situazioni il rischio per la sicurezza e la salute dei lavoratori può considerarsi *lieve*, nel senso dell'articolo 5, paragrafo 4 della direttiva 98/24/CE. *Inoltre*, se l'applicazione dei principi generali di prevenzione (capitolo 2 della parte I delle linee direttrici pratiche) è sufficiente per ridurre tale rischio, l'articolo 5, paragrafo 4 della direttiva stabilisce che non è necessario applicare le disposizioni degli articoli 6, 7 e 10.

Di conseguenza, queste situazioni non richiedono in generale che sia verificata l'efficacia delle misure preventive, effettuando misurazioni ambientali, a meno che non lo preveda qualche disposizione nazionale.

In genere, simili situazioni possono essere poste sotto controllo mediante un sistema di ventilazione generale.

Livello di rischio 2

Nelle situazioni di questo tipo, è necessario ricorrere a misure preventive specifiche per il controllo del rischio. Il tipo di impianto specifico più utilizzato è quello di estrazione localizzata, per la cui progettazione e costruzione ci si deve avvalere, in genere, di fornitori specializzati.

È importante scegliere il fornitore tenendo conto della sua esperienza documentata in questo tipo di impianti, così come specificare chiaramente che lo scopo dell'impianto è di ottenere che, nei luoghi di lavoro, la concentrazione di sostanze chimiche sia il più possibile al di sotto del valore limite.

2005_1599_IT.indd 96 10-10-2006 17:54:54

Tabella A2.5 – Determinazione del livello di rischio (1)

Grado di pericolosità A				
	Volatilità/Polverulenza			
Quantità usata	*Bassa volatilità o polverulenza*	*Media volatilità*	*Media polverulenza*	*Alta volatilità o polverulenza*
Piccola	**1**	**1**	**1**	**1**
Media	**1**	**1**	**1**	**2**
Grande	**1**	**1**	**2**	**2**
Grado di pericolosità B				
	Volatilità/Produzione di polvere			
Piccola	**1**	**1**	**1**	**1**
Media	**1**	**2**	**2**	**2**
Grande	**1**	**2**	**3**	**3**
Grado di pericolosità C				
	Volatilità/Produzione di polvere			
Piccola	**1**	**2**	**1**	**2**
Media	**2**	**3**	**3**	**3**
Grande	**3**	**4**	**4**	**4**
Grado di pericolosità D				
	Volatilità/Produzione di polvere			
Piccola	**2**	**3**	**2**	**3**
Media	**3**	**4**	**4**	**4**
Grande	**3**	**4**	**4**	**4**
Grado di pericolosità E				
In tutte le situazioni che comportino la presenza di sostanze di questo grado di pericolosità, si considererà un livello di rischio pari a 4.				

(1) I livelli di rischio che si ottengono con questo metodo sono 1, 2, 3,o 4.

Livello di rischio 3

Nelle situazioni di questo tipo bisogna ricorrere al confinamento o a sistemi chiusi, grazie ai quali non vi è modo che la sostanza chimica si disperda nell'atmosfera durante le operazioni ordinarie. Ogni volta che è possibile, il processo deve essere mantenuto a una pressione inferiore a quella atmosferica, al fine di ostacolare la fuoriuscita delle sostanze.

Nei livelli di rischio 2 e 3, dopo l'attuazione delle misure di controllo, si deve procedere a una valutazione quantitativa dettagliata dell'esposizione, in base ai contenuti dell'allegato 4 (strategia di campionamento) e dell'allegato 5 (campionamento e analisi). Se però vi sono segnali indicanti che l'esposizione è chiaramente inferiore ai valori limite professionali, la conferma può essere ricercata mediante procedure di valutazione meno esigenti di quelle esposte all'allegato 4.

Il risultato della valutazione quantitativa rileverà la possibile necessità di misure di controllo aggiuntive e

2005_1599_IT.indd 97 10-10-2006 17:54:55

di un programma di misurazione periodica dell'esposizione (cfr. allegato 4). In ogni caso, i parametri connessi con un funzionamento corretto delle installazioni saranno controllati periodicamente, al fine di garantirne l'efficacia nel tempo.

Livello di rischio 4

Le situazioni di questo tipo sono quelle in cui si utilizzano sostanze estremamente tossiche o si impiegano in grandi quantità sostanze di tossicità moderata e queste possono essere facilmente rilasciate nell'atmosfera. Se si impiegano sostanze disciplinate dalla direttiva 90/394/CEE del Consiglio, del 28 giugno 1990, relativa alla protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti dall'esposizione ad agenti cancerogeni durante il lavoro (sesta direttiva particolare, ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva quadro 89/391/CEE), si dovranno inoltre rispettare le disposizioni della stessa e delle norme nazionali di recepimento. Questa direttiva è stata modificata dalla direttiva 97/42/CE e dalla direttiva 1999/38/CE, che ne estende l'ambito di applicazione agli agenti mutageni.

In questi casi è indispensabile adottare misure appositamente studiate per il processo in questione, ricorrendo alla consulenza di un esperto. Questo livello di rischio richiede la valutazione quantitativa dell'esposizione secondo i procedimenti stabiliti negli allegati 4 e 5 di queste linee direttrici pratiche, oltre a massimizzare la frequenza della verifica periodica dell'efficacia dei sistemi di controllo.

B. METODOLOGIA SEMPLIFICATA PER LA VALUTAZIONE DEI RISCHI DI INCIDENTE, INCENDIO ED ESPLOSIONE DOVUTI ALLA PRESENZA DI AGENTI CHIMICI PERICOLOSI

La metodologia di valutazione dei rischi di incidente chimico, di seguito esposta, è una proposta diretta a facilitare alle imprese che lavorano con gli ACP, siano esse o no industrie chimiche, e soprattutto alle piccole e medie imprese, il compito di identificare i pericoli e valutare i rischi associati all'utilizzo di tali prodotti al fine di realizzare una corretta e oggettiva pianificazione preventiva, sulla base dei risultati ottenuti con la loro applicazione.

Questa metodologia, applicata specificamente ai rischi associati allo stoccaggio e all'utilizzo di agenti chimici pericolosi, si incentra sul danno atteso e non sul danno massimo e include e sviluppa l'esperienza di applicazione di metodologie semplificate, basate sulla stima della probabilità di materializzazione della situazione di pericolo esaminata, sulla frequenza di esposizione alla stessa e sulle conseguenze normalmente attese nell'ipotesi di una sua effettiva materializzazione. Questi parametri sono presi in considerazione dal metodo W.T. Fine, oltre che da diverse metodologie elaborate dall'INSHT, costituendo anche i criteri previsti da alcune norme armonizzate elaborate dal CEN, tra le quali la EN 1050 e la EN 1127-1.

La metodologia proposta consente di quantificare l'entità dei rischi esistenti e, di conseguenza, definire razionalmente una gerarchia di priorità per la loro correzione. A tale proposito, si parte dall'individuazione delle carenze esistenti negli impianti, attrezzature, processi, mansioni ecc., in relazione agli ACP. Tali carenze o inadempienze vengono messe in relazione con le frasi R assegnate ai diversi ACP che intervengono, ottenendosi in questo modo il livello di pericolosità oggettiva (LPO) della situazione. In seguito, si definisce il livello di esposizione in base al livello di pericolosità identificato e, tenendo conto della gravità attesa delle conseguenze (le conseguenze normalmente attese devono essere predefinite dalla persona che applica la metodologia), si valuta il rischio, ottenendo il livello di rischio stimato per la situazione considerata.

Quindi, questo metodo valuta il livello di rischio come prodotto di tre variabili:

$$LR = LPO \times LE \times LC$$

Dove
- LR: livello di rischio
- LPO: livello di pericolosità oggettiva
- LE: livello di esposizione
- LC: livello di conseguenze

Le informazioni fornite da questo metodo sono orientative, essendo il suo scopo di facilitare all'imprenditore la prioritarizzazione dei suoi interventi preventivi con criteri oggettivi e, di conseguenza, aiutarlo nella loro pianificazione preventiva. Di seguito, viene descritto il processo per la stima delle variabili citate.

1. Livello di pericolosità oggettiva

Si definisce livello di pericolosità oggettiva (LPO) l'entità del vincolo che si prevede tra il complesso di

2005_1599_IT.indd 98 10-10-2006 17:54:55

fattori di rischio considerati e il loro nesso causale diretto con il possibile incidente. I valori numerici impiegati in questa metodologia e il significato degli stessi sono riportati nella tabella A2.6.

Per la valutazione dell'LPO si propone l'utilizzo di un questionario (tabella A2.7), integrato dalla tabella A2.8. A ogni domanda del questionario viene assegnata, in funzione della relativa risposta, una qualifica che, in alcuni casi, è indipendente dall'ACP impiegato (e lo si indica nel questionario), ma che, in genere, dipende dalle frasi R assegnate all'ACP.

Così, per esempio, una risposta negativa alla domanda 5 comporterà la qualifica di «migliorabile» se all'ACP è stata assegnata la frase R21 o la qualifica di «molto carente» se gli è stata assegnata una delle frasi da R1 a R6.

Il questionario è elaborato allo scopo di verificare il grado di adeguamento a una serie di questioni che si ritengono basilari per stabilire il livello di carenza negli impianti, attrezzature, processi, mansioni ecc. in rapporto agli ACP. Ovviamente, occorre concretarne il contenuto, sostituendo o integrando le domande elaborate con altre che meglio si adattino ai requisiti legali o regolamentari di ogni paese o alla situazione o alle necessità dell'impresa che lo applica.

Si potrebbe altresì isolare dal questionario le domande elaborate per identificare le carenze che potrebbero dare origine a un incendio o a un'esplosione (controllo scarso o insufficiente del combustibile e delle fonti di accensione). I dati ottenuti da queste domande determinano la probabilità di inizio che, valutata insieme con il grado di applicazione delle misure protettive contro gli incendi, imposte dai regolamenti, fornisce informazioni sul livello di rischio di incendio. Agendo in questo modo, si precisa e si approfondisce la valutazione del rischio di incendio o esplosione.

Pertanto, *per ogni domanda si ottiene una qualifica* che può essere di «molto carente», «carente» o «migliorabile» (qualora la domanda sia ammissibile) in funzione dei fattori di rischio presenti e della pericolosità intrinseca dell'ACP, nota grazie alle relative frasi di rischio R. La domanda n. 1 non viene qualificata, trattandosi di una domanda «chiave», sicché una risposta negativa ad essa significa che nell'impresa non esistono ACP e che, quindi, non vi è motivo di completare il questionario.

Tabella A2.6 – Determinazione del livello di pericolosità oggettiva

PERICOLOSITÀ OGGETTIVA	LPO	SIGNIFICATO
Accettabile	–	Non si sono rilevate anomalie significative. Il rischio è sotto controllo. Vanno adottate le misure stabilite per il livello di rischio 1 alla tabella A2.12.
Migliorabile	2	Sono stati riscontrati fattori di rischio di minore importanza. Il complesso delle misure preventive esistenti, in rapporto al rischio, è suscettibile di miglioramenti.
Carente	6	Sono stati riscontrati fattori di rischio che è necessario correggere. Il complesso delle misure preventive esistenti, in rapporto al rischio, non garantisce un controllo sufficiente dello stesso.
Molto carente	10	Sono stati riscontrati fattori di rischio significativi. Il complesso delle misure preventive esistenti, in rapporto al rischio, risulta inefficace.

2005_1599_IT.indd 99 10-10-2006 17:54:55

Tabella A2.7 – Questionario di verifica per l'individuazione dei fattori di rischio di incidente dovuto ad ACP (1)

	SÌ	NO	Non pertinente	Risposta negativa implica	Qualifica
1. Si stoccano, utilizzano, producono ecc. agenti chimici pericolosi (ACP), ossia materie prime, prodotti intermedi, sottoprodotti, prodotti finiti, rifiuti, prodotti per la pulizia ecc.				Il questionario non deve essere completato.	
Sull'identificazione degli agenti chimici					
2. Sono identificati e inventariati gli ACP presenti durante il lavoro, sia con carattere ordinario sia con carattere occasionale.					Molto carente
3. I contenitori originali degli ACP sono correttamente segnalati dalle etichette.					Molto carente
4. La segnalazione di cui sopra viene mantenuta quando l'ACP viene travasato in altri contenitori o recipienti.					Molto carente
5. Sulle tubazioni in cui scorrono degli ACP sono state incollate, fissate o dipinte etichette identificative dei prodotti e della direzione di circolazione dei fluidi.				Passare alla tabella A2.8.	
6. Le etichette sono state collocate lungo la tubazione in numero sufficiente e in punti a particolare rischio (valvole, raccordi ecc.).					Migliorabile
7. Si dispone della scheda informativa di sicurezza (SIS) di tutti gli ACP che sono o possono essere presenti durante il lavoro e, se del caso, di informazioni sufficienti e idonee su quegli ACP che non sono corredati da SIS (rifiuti, prodotti intermedi...).				Passare alla tabella A2.8.	
Sullo stoccaggio/imballaggio degli agenti chimici					
8. Gli ACP vengono stoccati in speciali recinti, raggruppati per comunanza di rischio e sufficientemente isolati (con opportuna distanza o con parete divisoria) dalle sostanze con essi incompatibili o che possono innescare reazioni pericolose.				Passare alla tabella A2.8.	
9. L'area di stoccaggio è correttamente ventilata, a tiraggio naturale o forzato.					Carente
10. Le aree di stoccaggio, utilizzo e/o produzione, quando la quantità e/o la pericolosità del prodotto lo richiedano, garantiscono la raccolta e il trasporto a una zona o recipiente a prova di perdita o fuoriuscita di ACP allo stato liquido.					Carente
11. È vietata la presenza o l'uso di fonti di accensione nel magazzino degli ACP infiammabili e si controlla accuratamente il rispetto di tale divieto.				Passare alla tabella A2.8.	
12. I contenitori e le confezioni degli ACP offrono una sufficiente resistenza fisica o chimica e non presentano ammaccature, tagli o deformazioni.				Passare alla tabella A2.8.	

2005_1599_IT.indd 100 10-10-2006 17:54:56

2005_1599_IT.indd 101

	SÌ	NO	Non pertinente	Risposta negativa implica	Qualifica
13. I contenitori degli ACP sono totalmente sicuri (chiusura automatica, chiusura di sicurezza con blocco, doppio mantello, rivestimento ammortizzatore di urti ecc.)				Passare alla tabella A2.8.	
14. Il trasporto dei contenitori, sia con mezzi manuali sia con mezzi meccanici, avviene mediante attrezzature e/o utensili che ne garantiscono la stabilità e la presa corretta.				Passare alla tabella A2.8.	
Sull'utilizzo/lavorazione degli agenti chimici					
15. Sul luogo di lavoro rimane solo la quantità di ACP strettamente necessaria per il lavoro immediato (mai quantità superiori a quelle occorrenti per il turno o la giornata di lavoro).					Migliorabile
16. Gli ACP esistenti sul luogo di lavoro, per l'uso nel turno o nella giornata e al momento non utilizzati, sono depositati in idonei recipienti, armadi protetti o speciali recinti.					Migliorabile
17. Si evita di travasare gli ACP versandoli liberamente.				Passare alla tabella A2.8.	
18. Si controllano rigorosamente la formazione e/o l'accumulo di cariche elettrostatiche durante il travaso di liquidi infiammabili.				Passare alla tabella A2.8.	
19. L'impianto elettrico nelle zone a rischio di atmosfera infiammabile è antideflagrante, mentre le fonti di accensione di qualsiasi tipo sono poste sotto controllo ([2]).				Passare alla tabella A2.8.	
20. L'impianto elettrico di attrezzature, strumenti, sale e magazzini di prodotti corrosivi è adeguato.				Passare alla tabella A2.8.	
21. Le caratteristiche di materiali, apparecchiature e attrezzi sono idonee alla natura degli ACP utilizzati.				Passare alla tabella A2.8.	
22. Si verifica l'assenza di perdite e, in genere, il buono stato di impianti e/o attrezzature prima di utilizzarle.				Passare alla tabella A2.8.	
23. In quelle attrezzature o processi che lo richiedano, esistono sistemi di rilevazione di condizioni non sicure (livello LII in un tunnel di essiccazione, temperatura/ pressione di un reattore, livello di riempimento di un deposito ecc.) associati a un sistema di allarme.				Passare alla tabella A2.8.	
24. I sistemi di rilevazione esistenti, quando necessario in situazioni critiche, determinano l'arresto del processo produttivo.					Carente

10-10-2006 17:54:56

2005_1599_IT.indd 102

	SÌ	NO	Non pertinente	Risposta negativa implica	Qualifica
25. Gli sfiati e le uscite dei dispositivi di sicurezza per i prodotti infiammabili/ esplosivi sono canalizzati verso un luogo sicuro e, quando necessario, provvisti di torce.				Passare alla tabella A2.8.	
26. Esistono dispositivi per il trattamento, l'assorbimento, la distruzione e/o il confinamento sicuro degli effluenti dei dispositivi di sicurezza e degli sfiati.				Passare alla tabella A2.8.	
27. Le operazioni con possibile rilascio di gas, vapori, polveri ecc., di ACP sono effettuate in aree ben ventilate o in impianti dotati di aspirazione localizzata.				Passare alla tabella A2.8.	
28. In generale, sono state instaurate le misure di protezione collettiva necessarie per isolare gli ACP e/o limitare l'esposizione e/o il contatto dei lavoratori con gli stessi.				Passare alla tabella A2.8.	
Sull'organizzazione della prevenzione nell'uso di agenti chimici					
29. È richiesta un'apposita autorizzazione per effettuare operazioni rischiose in recipienti, attrezzature o impianti che contengono o hanno contenuto ACP.				Passare alla tabella A2.8.	
30. Viene garantito il controllo degli accessi di personale estraneo o personale non autorizzato a zone di stoccaggio, carico/scarico o lavorazione di ACP.				Passare alla tabella A2.8.	
31. I lavoratori sono stati adeguatamente informati dei rischi associati agli ACP e istruiti correttamente sulle misure preventive e protettive da adottare.				Passare alla tabella A2.8.	
32. I lavoratori hanno accesso alla SIS consegnata dal fornitore.					Migliorabile
33. Si dispone di procedure di lavoro scritte per lo svolgimento di compiti riguardanti gli ACP.				Passare alla tabella A2.8.	
34. Esiste un programma di manutenzione preventiva, oltre che di manutenzione predittiva, delle attrezzature o impianti dal cui corretto funzionamento dipende la sicurezza del processo produttivo.					Carente
35. Viene garantita la pulizia delle postazioni e dei locali di lavoro (è stato instaurato un programma e se ne controlla l'applicazione).					Migliorabile
36. Si dispone di mezzi specifici per neutralizzare e pulire le fuoriuscite e/o per controllare le perdite e vi sono opportune istruzioni operative.					Carente
37. Esiste un programma di gestione dei rifiuti e se ne controlla l'applicazione.					Carente

10-10-2006 17:54:56

2005_1599_IT.indd 103

	SÌ	NO	Non pertinente	Risposta negativa implica	Qualifica
38. Sono state instaurate norme corrette di igiene personale (lavarsi le mani, cambiarsi d'abito, divieto di mangiare, bere o fumare nelle postazioni di lavoro ecc.) e se ne controlla l'applicazione.					Migliorabile
39. Si dispone di un piano di emergenza per situazioni critiche, nelle quali siano coinvolti ACD (perdite, fuoriuscite, incendi, esplosioni ecc.).					Molto carente
40. In generale, sono state instaurate le misure organizzative necessarie per isolare gli ACP e/o limitare l'esposizione e/o il contatto dei lavoratori con gli stessi.				Passare alla tabella A2.8.	
Sull'uso dei DPI e degli impianti di soccorso					
41. Si dispone e si controlla l'uso efficace dei dispositivi di protezione individuale (DPI), necessari nelle diverse mansioni a rischio di esposizione o contatto con ACP.				Passare alla tabella A2.8.	
42. Esistono docce di decontaminazione e unità lavaocchi prossime ai luoghi in cui si può verificare il lancio di ACP.				Passare alla tabella A2.8.	
43. In generale, viene effettuata una gestione corretta dei DPI e degli indumenti di lavoro.					Carente
44. Si riscontrano altre carenze o mancanze in materia di protezione collettiva, misure organizzative e uso di DPI: citarle e valutarle.					

([1]) Questionario proposto a titolo orientativo e di tipo aperto; in nessun caso deve essere ritenuto esaustivo e chiuso.
([2]) Per sapere se vi è rischio di atmosfera esplosiva, bisognerebbe prima classificare la zona di lavoro in funzione della presenza di sostanze infiammabili e, se del caso, verificarlo con un esplosimetro.

10-10-2006 17:54:57

Tabella A2.8 – Criteri di valutazione

Domanda n.	MOLTO CARENTE	CARENTE	MIGLIORABILE
5,7	R1 a R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19, R27, R28, R35, R39	R8, R9, R11, R18, R24, R25, R30, R34, R37, R41, R44	R10, R21, R22, R36, R38
8			
11	R1 a R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19	R8, R9, R11, R18, R30, R44	R10
12,13,14	R1 a R6, R7,R12, R17,R19,R27,R35,R39	R9, R11, R24, R34, R37, R41	R10, R21, R36, R38
17	R7, R12, R17, R27, R35, R39	R11, R18, R24, R30, R34, R37, R41	R10, R21, R36
18	R7, 12	R11, R18, R30	R10
19	R1 a R6, R12, R15	R8, R11, R18, R30	
20	R35	R34	
21,22,23	R1 a R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19, R27, R35, R39	R8, R9, R11, R18, R24, R30, R34, R37, R41, R44	R10, R21, R36, R38
24		R1 a R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19, R27, R35, R39	R8, R9, R10, R11, R18, R21, R24, R30, R34, R36, R37, R38, R41, R44
25	R2, R3, R5, R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19	R8, R9, R11, R18, R30, R44	R10
26	R27, R35, R39	R24, R34, R37, R41	R21, R36, R38
27	R7, R12, R27, R35, R39	R11, R18, R24, R30, R34, R37, R41	R10, R21, R36
28	R1 a R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19, R27, R28, R35, R39	R8, R9, R11, R18, R24, R25, R30, R34, R37, R41, R44	R10, R21, R22, R36, R38
29			R10
30, 31	R1 a R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19, R27, R28, R35, R39	R8, R9, R11, R18, R24, R25, R30, R34, R37, R41, R44	R10, R21, R22, R36, R38
33			R10
40	R8, R9, R11, R18, R24, R25, R30, R34, R37, R41, R44	R8, R9, R11, R18, R24, R25, R30, R34, R37, R41, R44	R10, R21, R22, R36, R38
41, 42	R27, R35, R39	R24, R34, R39, R41	R21, R36

2005_1599_IT.indd 104 10-10-2006 17:54:57

In funzione dell'insieme delle risposte, si ottiene una *qualifica complessiva del livello di carenza*, che può essere di «molto carente», «carente», «migliorabile» o «accettabile», in base ai seguenti criteri:

a) la qualifica complessiva sarà di «molto carente» se una qualsiasi domanda viene qualificata come molto carente o se oltre il 50 % delle domande applicabili ricevono la qualifica di «carente»;

b) la qualifica complessiva sarà di «carente» se, pur non essendo molto carente, una qualsiasi domanda viene qualificata come carente o se oltre il 50 % delle domande applicabili ricevono la qualifica di «migliorabile»;

c) la qualifica complessiva sarà di «migliorabile» se, pur non essendo né molto carente né carente, una qualsiasi domanda viene qualificata come «migliorabile»;

d) la qualifica complessiva sarà di «accettabile» nei rimanenti casi.

2. Livello di esposizione

Il livello di esposizione (LE) è un indice della frequenza con la quale si presenta l'esposizione al rischio. Il livello di esposizione può essere stimato in funzione dei tempi di permanenza in aree e/o mansioni nelle quali sia stato individuato il rischio. La corrispondenza tra i due documenti è illustrata nella tabella A2.9.

Tabella A2.9 – Determinazione del livello di esposizione

LE	SIGNIFICATO
1	Occasionalmente.
2	Alcune volte nella sua giornata lavorativa, e per periodi brevi.
3	Varie volte nella sua giornata lavorativa, in tempi brevi.
4	Continuamente. Varie volte nella sua giornata lavorativa, con tempi prolungati.

I valori attribuiti, come si può osservare nella tabella A2.6, sono inferiori a quelli assegnati per il livello di pericolosità oggettiva, poiché, se la situazione di rischio è sotto controllo, un'esposizione elevata non dovrebbe produrre lo stesso livello di rischio di una carenza elevata con esposizione bassa.

3. Livello di conseguenze

Si devono considerare le conseguenze normalmente attese in caso di materializzazione del rischio. Si stabiliscono quattro livelli d conseguenze (LC), in cui vengono classificati i danni personali prevedibilmente attesi qualora il rischio si materializzi.

Come si può osservare nella tabella A2.10, il valore numerico attribuito alle conseguenze è molto superiore a quelli di pericolosità oggettiva e di esposizione, poiché la ponderazione delle conseguenze deve sempre avere un peso maggiore, nella valutazione del rischio.

Tabella A2.10 – Determinazione del livello di conseguenze

LC	SIGNIFICATO
10	Piccole lesioni.
25	Lesioni normalmente reversibili.
60	Lesioni gravi che possono essere irreversibili.
100	Una o diverse vittime.

2005_1599_IT.indd 105 17-10-2006 15:03:11

4. Livello di rischio

Tutte le fasi seguite fin qui conducono alla determinazione del livello di rischio, che si ottiene moltiplicando il livello di pericolosità oggettiva per il livello di esposizione e per il livello di conseguenze (tabella A2.11).

Nella tabella A2.12 viene illustrato il significato dei quattro livelli di rischio ottenuti.

Tabella A2.11 – Determinazione del livello di rischio

		(LPO x LE)			
		2-4	**6-8**	**10-20**	**24-40**
(LC)	**10**	20-40	60-80	100-200	240-400
	25	50-100	150-200	250-500	600-1 000
	60	120-240	360-480	600-1200	1 440-2 400
	100	200-400	600-800	1 000-2 000	2 400-4 000

Tabella A2.12 – Significato dei diversi livelli di rischio

LIVELLO DI RISCHIO	LR	SIGNIFICATO
1	40-20	Migliorare per quanto possibile. Occorrono verifiche periodiche per garantire che l'efficacia delle misure attuali venga mantenuta.
2	120-50	Stabilire misure di riduzione del rischio e instaurarle in un periodo determinato.
3	500-150	Correggere e adottare misure di controllo a breve termine.
4	4 000-600	Situazione che richiede una correzione urgente.

2005_1599_IT.indd 106 17-10-2006 15:03:11

ALLEGATO 3
ESEMPI DI APPLICAZIONE DEI PRINCIPI PREVENTIVI E DELLE MISURE SPECIFICHE IN DUE PROCESSI INDUSTRIALI

1. APPLICAZIONE A UN'OPERAZIONE DI SALDATURA ELETTRICA AD ARCO DI LASTRE DI FERRO, CON ELETTRODO RIVESTITO DI RUTILO

Questa operazione genera fumi di ossidi di metalli costituenti l'elettrodo, come l'ossido di titanio, e del metallo base, come l'ossido di ferro. Essi vengono denominati *fumi di saldatura* e la loro inalazione può dare luogo a irritazioni dell'apparato respiratorio e ad effetti di tipo pneumoconiotico. Inoltre, si formano gas come il monossido di carbonio (asfissianti), il biossido di azoto e l'ozono (irritanti del tessuto polmonare). Quest'ultimo viene generato dall'azione delle radiazioni ultraviolette, emesse nell'arco elettrico, sugli atomi di ossigeno dell'aria.

La generazione di fumi e gas è tanto maggiore quanto maggiore è la densità della corrente elettrica utilizzata nella saldatura. Inoltre, se i pezzi da saldare contengono residui di olio o sgrassante, si possono generare altri agenti chimici, come acroleina e fosgene, anch'essi irritanti del tessuto polmonare.

Nel quadro A3.1 sono indicate le azioni preventive da assumere in applicazione dei principi generali e le misure specifiche idonee a un'operazione come quella descritta.

2. APPLICAZIONE A UN'OPERAZIONE DI VERNICIATURA DI PEZZI A SPRUZZO CON AEROGRAFO E DI ESSICCAZIONE DEL SOLVENTE

La verniciatura a spruzzo con aerografo consiste nell'utilizzo di aria compressa, per spingere la vernice nebulizzata sul pezzo da verniciare. L'orientamento dello spruzzo si ottiene con un utensile manuale denominato *pistola*. Da qui anche il nome di verniciatura a pistola. La vernice si asciuga dopo un certo tempo, grazie all'evaporazione del solvente, formato da sostanze molto volatili. L'evaporazione del solvente dà luogo alla formazione di vapori, come il toluene, uno dei più utilizzati. In generale, questi vapori sono tossici per il sistema nervoso centrale, irritanti per l'apparato respiratorio e tossici epatici.

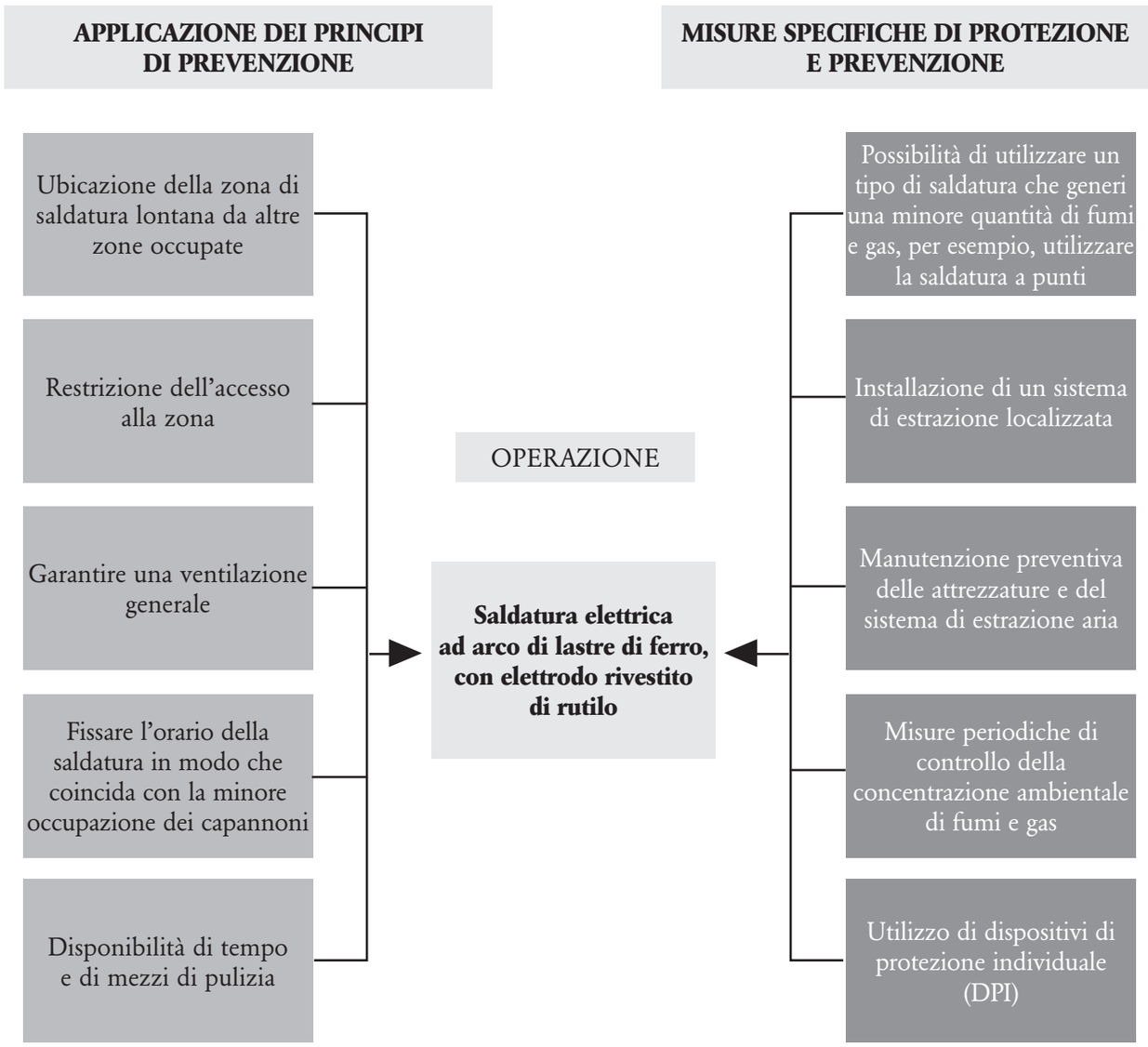
D'altra parte, i pigmenti e altri componenti della vernice (resina) sono spruzzati ad alta velocità sul pezzo, pertanto, a causa dell'inerzia che si genera, molte particelle rimbalzano sul pezzo e ritornano alla zona di respirazione del verniciatore. Spesso, i pigmenti che danno colore alla vernice sono le sostanze a maggiore tossicità, come ad esempio gli ossidi di cromo o di piombo.

Lo spruzzo di vernice genera aerosol e vapori in funzione della pressione che si applica alla pistola. La temperatura ambiente interviene nella velocità di evaporazione del solvente.

Nel quadro A3.2 sono indicate le azioni preventive da assumere in applicazione dei principi generali e le misure specifiche idonee a un'operazione come quella descritta.

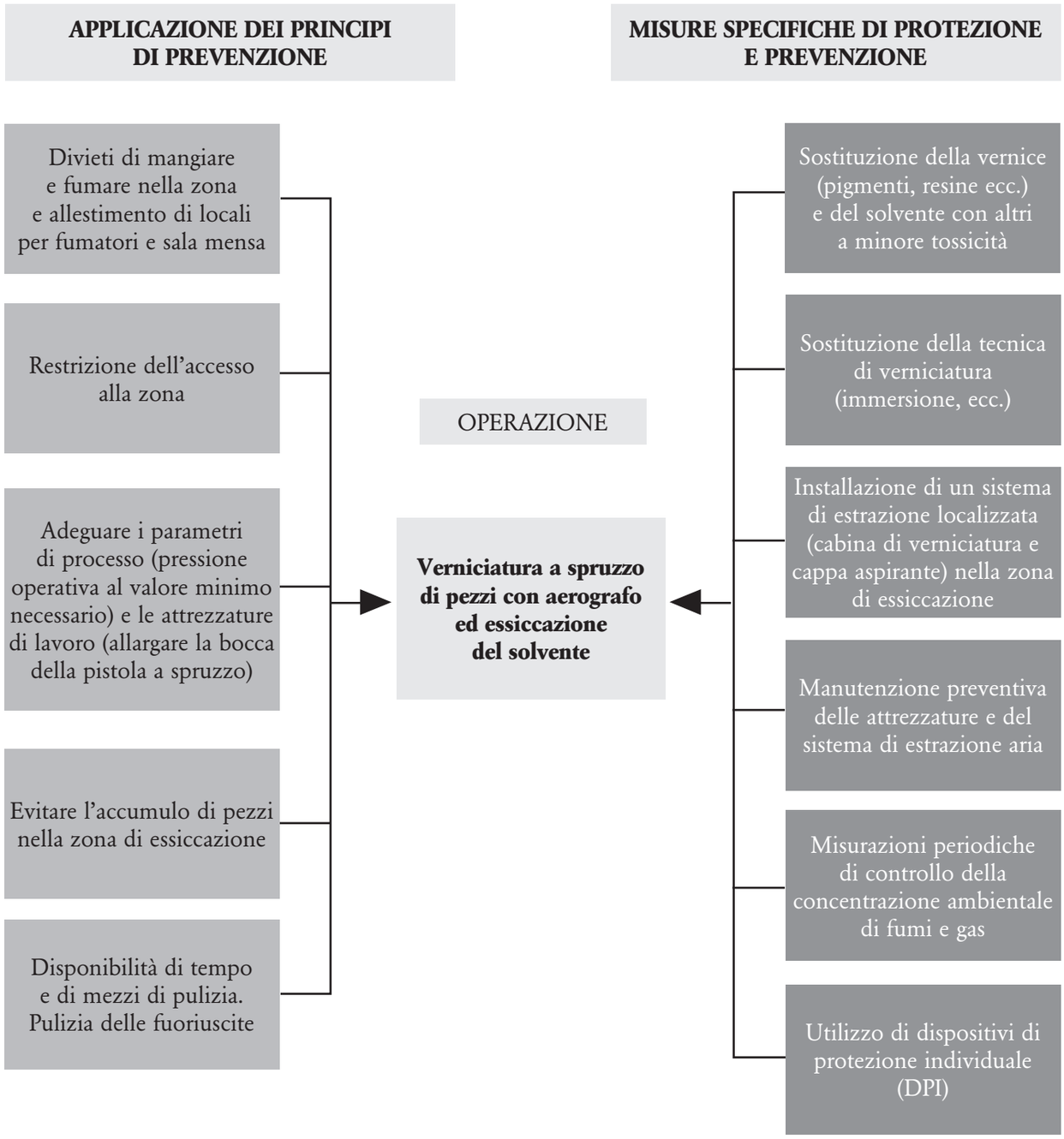
2005_1599_IT.indd 107 17-10-2006 15:03:12

Quadro A3.1 – Principi generali di prevenzione e misure specifiche di prevenzione – Esempio di applicazione a un'operazione di saldatura



2005_1599_IT.indd 108 10-10-2006 17:54:58

Quadro A3.2 – Principi generali di prevenzione e misure specifiche di prevenzione – Esempio di applicazione a un'operazione di verniciatura



2005_1599_IT.indd 109 10-10-2006 17:54:58

2005_1599_IT.indd 110 10-10-2006 17:54:58

ALLEGATO 4
VALUTAZIONE QUANTITATIVA DELL'ESPOSIZIONE AGLI AGENTI CHIMICI

1. VALUTAZIONE DEL RISCHIO E VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE

La valutazione del rischio da esposizione ([21]) ad agenti chimici intende perseguire gli stessi tre obiettivi della valutazione di qualsiasi altro tipo di rischio, e cioè:

1) decidere sulla necessità o no di adottare misure preventive addizionali rispetto a quelle già esistenti;

2) determinare la natura delle misure preventive che occorre adottare;

3) prioritarizzare le misure preventive necessarie.

D'altra parte, a meno che non vi siano difficoltà insormontabili di ordine pratico, o non risulti, fin dall'inizio, del tutto evidente la conclusione, la valutazione del rischio deve basarsi su una valutazione quantitativa dell'esposizione, poiché, in questo modo, l'errore può essere minore che se si basasse sulla considerazione diretta dei fattori di rischio materiali e organizzativi che danno luogo a tale esposizione. Questo modo di operare è tipico dell'igiene industriale e ne costituisce il contenuto tecnico specifico.

Tuttavia, la valutazione dell'esposizione a un agente chimico fornisce unicamente una stima della probabilità (o, ancor meglio, un giudizio su di essa) che tale agente chimico possa produrre il suo effetto caratteristico, ma non dice nulla sulla gravità di tale effetto. Visto che occorre tenere conto di questo parametro per valutare il rischio, la valutazione dell'esposizione costituisce solo una parte del processo.

Così, non si deve perdere di vista il fatto che, una volta conclusa la valutazione di tutte le esposizioni di interesse, si deve ancora considerare la pericolosità intrinseca dei diversi agenti chimici, prima di individuare le rispettive misure preventive più opportune. Solo qualora tutte le esposizioni fossero ad uno stesso agente, la gerarchia delle esposizioni tradurrebbe fedelmente la gerarchia dei rischi corrispondenti.

2. VALUTAZIONE QUANTITATIVA DELL'ESPOSIZIONE AGLI AGENTI CHIMICI

2.1. INDICAZIONI

La procedura di valutazione dell'esposizione, descritta nei paragrafi seguenti, costituisce un complemento e non un'alternativa alla metodologia semplificata illustrata al punto 1.2.2 di questo documento. Pertanto, questa procedura deve essere applicata nei casi in cui l'altra renda necessarie misurazioni ambientali, in sostanza tutti i casi tranne quelli del livello di rischio 1, e nelle fasi del processo ivi specificate.

Riepilogando, la misurazione è una scelta che deve essere giustificata e non una routine, tuttavia, quando è richiesta, deve adeguarsi a una procedura normalizzata che garantisca una minima affidabilità e validità dei suoi risultati.

2.2. GRUPPI DI ESPOSIZIONE OMOGENEA (GEO)

Un gruppo di esposizione omogenea viene definito dall'associazione tra una funzione lavorativa e un agente chimico (o diversi agenti che producono lo stesso effetto), in un dato ambiente ([22]).

Così, in linea di principio, tra i lavoratori che condividono lo stesso posto di lavoro ([23]), vi saranno tanti GEO quanti sono gli agenti chimici con effetti indipendenti ai quali essi sono esposti.

([21]) In questo testo, come d'abitudine, quando si parla di esposizione senza aggettivi, si deve intendere «per inalazione».
([22]) Definizione tratta dal documento di Rhodia citato nella parte IV (bibliografia).
([23]) Un posto di lavoro è definito dall'esercizio di una funzione in un ambiente specifico.

2005_1599_IT.indd 111 10-10-2006 17:54:58

L'intera procedura di valutazione dell'esposizione descritta in questo allegato e, pertanto, anche le conclusioni dello stesso, si applicano a ogni gruppo di esposizione omogenea.

Naturalmente, la principale utilità di questo concetto è di consentire la formulazione di conclusioni in merito al gruppo, sulla base delle misurazioni effettuate per alcuni dei suoi membri La norma EN 689:1995 ([24]) ammette una proporzione dell'ordine di uno su dieci.

2.3. CLASSIFICAZIONE DELLE ESPOSIZIONI

Il processo di valutazione quantitativa si conclude con la classificazione dell'esposizione di un qualsiasi GEO in una delle tre categorie seguenti:

Esposizione accettabile: non richiede un seguito con misurazioni periodiche.

Esposizione tollerabile: presenta rischi di deriva e, quindi, richiede un seguito con misurazioni periodiche.

Esposizione inaccettabile: necessita di una correzione per ridurre l'esposizione e, successivamente, una nuova valutazione.

3. VALUTAZIONE INIZIALE

Se si intende misurare l'esposizione effettiva dei lavoratori, le misurazioni della concentrazione devono essere personali, cioè devono essere effettuate con attrezzature che registrino i soggetti mentre lavorano e la cui testa di cattura sia situata nella zona di respirazione ([25]).

Le misurazioni di area, cioè quelle effettuate in posizioni fisse, possono talvolta essere utili per valutare l'esposizione da eccesso, pertanto non devono essere del tutto scartate.

3.1. VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE GIORNALIERA (EG)

L'EG è la concentrazione media dell'agente chimico nella zona di respirazione del lavoratore, misurata o calcolata in modo ponderato rispetto al tempo, per la giornata lavorativa effettiva, e riferita a una giornata standard di otto ore. Riferire la concentrazione media a tale giornata standard significa considerare il complesso delle diverse esposizioni del lavoratore nel corso dell'effettiva giornata di lavoro, ognuna con la sua rispettiva durata, come equivalente a un'unica esposizione omogenea di otto ore.

È evidente che la valutazione dell'EG a un agente chimico è valida solo se è stato definito il relativo valore limite. In questo caso, la procedura deve iniziare con la determinazione di uno o più valori di EG nel GEO, quindi, per prima cosa, occorre stabilire come determinare l'EG di una giornata.

3.1.1. Determinazione dell'EG di una giornata

Questa determinazione viene effettuata mediante un processo in tre fasi successive.

1ª fase: divisione della giornata in periodi di esposizione uniforme.

Come indicato, consiste nel dividere la giornata lavorativa del GEO in mansioni ben definite, nelle quali l'esposizione possa essere ritenuta uniforme ([26]). In questo modo, la concentrazione sarebbe soggetta a variazioni sistematiche tra i periodi e a variazioni esclusivamente aleatorie all'interno di ognuno di essi.

Questa prima fase non è indispensabile qualora si decida di misurare la giornata completa, sebbene, anche così, risulti molto opportuna, dal momento che fornisce maggiori informazioni, salvo che motivi di altra natura non suggeriscano il prelievo di un campione unico.

2ª fase: campionamento e calcolo della concentrazione media di ogni periodo di esposizione uniforme.

Il passo seguente è decidere il tipo di campionamento che si utilizzerà per misurare la concentrazione in

([24]) Vedere il riferimento nella parte IV (bibliografia).
([25]) Leggerne la definizione nella norma EN 1540, Atmosfere sul luogo di lavoro, Terminologia.
([26]) La divisione deve essere rivista se si riscontrano successivamente, qualora il metodo di campionamento lo consenta, concentrazioni di campione, entro un dato periodo, inferiori alla metà o superiori al doppio della media del periodo.

2005_1599_IT.indd 112 10-10-2006 17:54:59

ogni periodo di esposizione uniforme. Le possibili strategie (quadro A4.1) sono:

a) periodo completo – campione unico,

b) periodo completo – campioni consecutivi,

c) periodo parziale – campione unico,

d) periodo parziale – campioni consecutivi,

e) campionamento puntuale aleatorio,

f) campionamento a cicli.

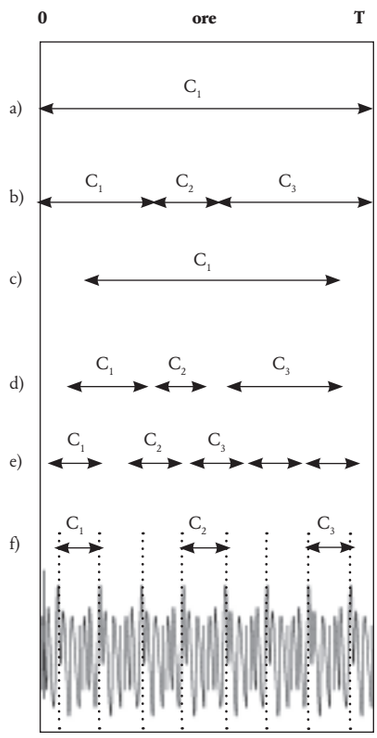
Riguardo a queste modalità è bene segnalare quanto segue:

- L'indubbia preferenza per le due modalità di periodo completo (a e b) rispetto a quelle di periodo parziale. In queste ultime si accetta fin dall'inizio un errore che, d'altra parte, non si può stimare. In ogni caso, in conformità all'allegato A della norma EN 689:1995, il campionamento dovrebbe comprendere almeno il 25 % del periodo considerato.

- Nel campionamento puntuale aleatorio, ogni campione ha una durata minima compatibile con il metodo di misura, tutti i campioni hanno la stessa durata e vengono prelevati in momenti scelti a caso sulla totalità del periodo considerato. Questo è il metodo che produce il maggiore margine di errore nella stima della media del periodo.

- Anche il cosiddetto campionamento a cicli ha carattere aleatorio, tuttavia ogni campione comprende, necessariamente, un ciclo completo o un numero intero di cicli. Peraltro, si tratta di una modalità limitata ai periodi in cui l'esposizione ha tale carattere ciclico e, quindi, non costituisce un'opzione valida per tutti i casi.

Quadro A4.1 – Strategie di campionamento



Sulla base delle concentrazioni di campione, la concentrazione media del periodo di esposizione uniforme (C) si ottiene, per le diverse strategie, mediante le espressioni seguenti:

a) Periodo completo — campione unico
$C = c$
Dove c è la sola concentrazione di campione

b) Periodo completo — campioni consecutivi
$C = \Sigma\ ci\ ti/T$
Dove «ci» sono le concentrazioni di campione, «ti» le durate dei rispettivi campioni e «T» la concentrazione totale del periodo, che coinciderà logicamente con «Σ ti».

c) Periodo parziale — campione unico
$C = c$
Dove «c» è la sola concentrazione di campione.

d) Periodo parziale — campioni consecutivi
$C = \Sigma\ ci\ ti/\Sigma\ ti$
Dove «ci» sono le concentrazioni di campione e «ti» le durate dei rispettivi campioni.

e) Campionamento puntuale aleatorio
$C = \Sigma\ ci/n$
Dove «ci» sono le concentrazioni di campione e «n» è il numero di campioni.

f) Campionamento a cicli
$C = \Sigma\ ci/n$
Dove «ci» sono le concentrazioni di campione e «n» è il numero di campioni.

3ª fase: calcolo dell'EG della giornata

Si ottiene sulla base delle concentrazioni medie dei periodi di esposizione uniforme (C_i) e delle rispettive durate di questi in ore (T_i), mediante la seguente formula:

$$ED = \Sigma\ C_i\ T_i/8$$

2005_1599_IT.indd 113 10-10-2006 17:54:59

3.1.2. Valutazione dell'EG a lungo termine

Come è noto, l'EG di un GEO non è costante nel corso del tempo, ma varia da una giornata all'altra, anche quando non si riscontrano differenze sistematiche tra di esse per quanto attiene alle condizioni di lavoro. In generale, in base a considerazioni teoriche e all'evidenza empirica, si accetta che l'EG si comporti come una variabile aleatoria a distribuzione logaritmico-normale.

Pertanto, la valutazione dell'EG di una giornata ha interesse solo dal punto di vista di un organismo di controllo che si prefiggesse la verifica puntuale del rispetto di una disposizione regolamentare. Per l'imprenditore, che deve dedurre dalla valutazione del rischio la pianificazione della sua attività preventiva, solo la valutazione a lungo termine può sorreggere una previsione affidabile e, quindi, ha un motivo d'interesse e un senso.

Di seguito, sono esposte le due procedure di valutazione dell'EG a lungo termine contenute negli allegati della norma EN 689. Entrambe stabiliscono come requisito per la loro applicazione che non vi siano differenze sistematiche nelle condizioni di lavoro tra le giornate. Peraltro, qualora vi fossero, sarebbe pur sempre possibile applicarle al complesso di giornate più sfavorevoli, in una strategia di valutazione dell'esposizione da eccesso.

3.1.2.1. Basata, inizialmente, su un solo valore di EG

Il principale vantaggio di questo metodo è che minimizza il numero di misurazioni iniziali, per poi ampliarlo, secondo le necessità, in funzione dei risultati precedenti ([27]). Il suo maggiore inconveniente è che non consente di caratterizzare la distribuzione dell'EG tramite la stima dei suoi parametri.

Qualora, in base alla composizione del GEO, fosse necessario misurare l'esposizione di più di un lavoratore, si dovrebbe applicare la procedura ad ognuno separatamente, e decidere per l'insieme dei lavoratori in funzione del caso più sfavorevole.

La procedura è la seguente:

1. Ottenere un valore di EG
2. Calcolare l'EG relativa (EG_r) dividendo l'EG per il valore limite applicabile (VL-EG)

   EG_r = EG/VL-EG
3. Se $EG_r \leq 0{,}1$, *esposizione accettabile*

   Se $EG_r > 1$, *esposizione inaccettabile*

   Se $0{,}1 < EG_r \leq 1$, determinare almeno due nuovi valori di EG_r ([28])
4. Se EG_{r1} ed EG_{r2} e …$EG_{rn} \leq 0{,}25$, *esposizione accettabile*
5. Se EG_{r1} o EG_{r2} o…$EG_{rn} > 1$, *esposizione inaccettabile*
6. Se qualche $EG_r > 0{,}25$ ma tutte ≤ 1 e MG ([29]) $\leq 0{,}5$, *esposizione tollerabile*
7. Se MG > 0,5, sono disponibili le seguenti opzioni:
   - migliorare il controllo dell'esposizione e ripetere la procedura di valutazione,
   - ottenere nuovi valori di EGr e continuare con la procedura a partire dal punto 4, fino a raggiungere una conclusione.

3.1.2.2. Basata su 6 o più valori di EG

L'allegato G della norma EN 689:1995 illustra il procedimento grafico di questa valutazione.

Qui viene trattata unicamente la versione analitica ([30]), che non è sviluppata nella norma, utilizzando alcune approssimazioni del manuale di strategia di campionamento NIOSH ([31]). La procedura è la seguente:

1. Ottenere almeno 6 EG, aleatoriamente, nel GEO.
2. Verificare l'omogeneità ([32]) dell'esposizione nel GEO.

([27]) Ciò facilita l'applicazione a processi lavorativi non troppo stabili, nei quali può essere difficile prevedere con sufficiente anticipo se in un dato giorno si verificheranno le condizioni desiderate.
([28]) Corrispondenti a due nuove giornate, preferibilmente non consecutive e scelte a caso.
([29]) Media geometrica dei valori di EGr.
([30]) Lo svantaggio principale che presenta, rispetto alla versione grafica, è la mancata verifica dell'adeguamento della distribuzione empirica al modello lognormale.
([31]) Leidel, Busch e Lynch, *Occupational Exposure Sampling Strategy Manual*, NIOSH, 1977.
([32]) Se l'EG di qualche lavoratore è inferiore alla metà o superiore al doppio della media aritmetica del gruppo, bisognerà reimpostare la classificazione dei soggetti.

2005_1599_IT.indd 114 10-10-2006 17:55:00

3. Trasformare le EG in EG_r, dividendole per il valore limite corrispondente (VL-ED).

   $EG_r = EG/VL\text{-}EG$

4. Calcolare i logaritmi neperiani delle EG_r.

   $y_i = \ln EG_{ri}$

5. Calcolare la media campionaria (Y) e la deviazione standard campionaria ($S_{n-1, y}$), secondo le seguenti formule:

   $Y = \Sigma y_i/n$

   $S_{n-1, y} = \sqrt{\Sigma (y_i - Y)^2/n - 1}$

6. Standardizzare la trasformata del valore limite, ln (VL-EG / VL-EG), calcolando la statistica:

   Z ([33]) $= (0 - Y)/S_{n-1, y}$

7. Cercare nella tabella della distribuzione normale standardizzata (tabella A4.1), la probabilità (p) di superare il valore Z calcolato. Essa rappresenta la probabilità che l'EG di una giornata qualsiasi superi il valore limite.

   Se $p \leq 0{,}1$ %, *Esposizione accettabile*. Situazione verde.

   Se $p > 5$ %, *Esposizione inaccettabile*. Situazione rossa.

   Se $0{,}1\ \% < p \leq 5$ %, *Esposizione tollerabile*. Situazione gialla.

3.2. VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE DI BREVE DURATA (EB)

Si intende per EB la concentrazione media di un qualsiasi periodo di 15 minuti della giornata di lavoro. Così, a differenza dell'EG, della quale non si può avere altro che un valore calcolato per giornata, per GEO e per agente chimico, si possono avere tanti valori di EB quanti periodi di 15 minuti vi stanno contenuti, i quali, se si ammettono sovrapposizioni, saranno praticamente infiniti.

Se all'agente chimico in questione è stato assegnato un valore limite per la EB (VL-EB), da considerare al momento in cui si compie questa valutazione, l'obiettivo deve essere di assicurarsi che nessuna esposizione di breve durata lo superi; pertanto, il primo passo consisterà nel determinare la massima EB della giornata.

3.2.1. Determinazione della massima EB

La selezione del periodo o dei periodi di 15 minuti sospettati di esposizione massima deve avvenire in modo sistematico, cioè mediante un'analisi delle mansioni e delle relative circostanze, che renda evidenti le più sfavorevoli.

Se il numero di periodi così selezionato è ragionevole, si misurerà l'EB di ognuno e il valore più elevato ottenuto sarà la massima EB ricercata.

Se, al contrario, il numero è molto elevato, occorre procedere all'estrazione aleatoria, tra di essi, di un campione di periodi da misurare. Anche in questo caso, viene utilizzata la EB più elevata, per la valutazione in prima istanza, ma, a differenza del caso precedente, senza la sicurezza di avere determinato la massima EB.

3.2.2. Valutazione dell'EB

La procedura si articola nelle seguenti fasi:

1. Si confronta il massimo valore di EB misurato con il VL-EB.

- Se lo supera, la valutazione si conclude con la conclusione che l'esposizione è *inaccettabile*.
- Se non lo supera e la selezione dei periodi di misura è stata meramente sistematica, si deve ritenere ugualmente terminata la procedura con la conclusione che l'esposizione è tollerabile (max EB > 0,5 VL-EB) o accettabile (max EB ≤ 0,5VL-EB).
- Se non lo supera, ma la selezione dei periodi ha comportato una fase aleatoria, occorre continuare con la procedura di valutazione fino a stimare la probabilità di superamento del valore limite nell'insieme dei periodi sospetti non misurati.

  A tale scopo, si parte, come si è fatto per la valutazione a lungo termine dell'EG, dalla supposizione, ampiamente ammessa, che l'EB, quando non vi sono differenze sistematiche tra i periodi, si comporta come una variabile aleatoria di distribuzione lognormale. Così, se si dispone di un campione casuale di valori di EB, come in questo caso, è possibile stimare i parametri della distribuzione e, in base ad essi, poter appurare la probabilità ricercata. La procedura, in buona parte analoga a quella del punto 3.1.2.2., continua come segue:

([33]) In realtà questa statistica non è Z ma t, poiché al denominatore non compare la deviazione standard della popolazione, bensì il suo stimatore campionario, tuttavia si è ritenuto che assumere la distribuzione normale fosse un'approssimazione sufficiente, in base al manuale NIOSH.

2005_1599_IT.indd 115 10-10-2006 17:55:00

2. Trasformare le EB misurate in EB_r, dividendole per VL-EB.

3. Calcolare i logaritmi neperiani delle EB_r

   $y_i = \ln EC_{ri}$

4. Calcolare la media campionaria (Y) e la deviazione standard campionaria ($S_{n-1, y}$), che sono i migliori stimatori della media e della deviazione standard della popolazione, secondo le seguenti formule:

   $Y = \Sigma y_i/n$

   $S_{n-1, y} = \sqrt{\Sigma (y_i - Y)^2/n - 1}$

5. Standardizzare la trasformata del valore limite, ln (VL-EB/VL-EB), calcolando la statistica:

   $Z = (0 - Y)/S_{n-1, y}$

6. Cercare nella tabella della distribuzione normale standardizzata (tabella A4.1), la probabilità (p) di superare il valore Z ottenuto. Essendo p la probabilità che uno qualsiasi dei periodi non misurati superi il valore limite, 1-p sarà la probabilità che non lo superi e $p' = (1-p)^{k-i}$, dove «k» è il totale dei periodi sospetti e «i» quello dei periodi misurati, sarà la probabilità che non lo superi in nessuno dei periodi non misurati.

7. Se $p' > 0,9$ (90 %), l'esposizione sarà *accettabile*.

   Se $p' < 0,1$ (10 %), l'esposizione sarà *inaccettabile*.

   Se $0,1 \leq p' \leq 0,9$, l'esposizione si riterrà solo *tollerabile*.

4. MISURAZIONI PERIODICHE DELL'ESPOSIZIONE

Per misurazioni periodiche si intende un modo di monitoraggio dell'esposizione che si instaura quando i risultati della valutazione iniziale non consentono di considerarla né accettabile né inaccettabile e neppure si ritiene giustificato introdurre misure addizionali di controllo fino a comprenderla nella prima categoria. Pertanto, si parte da un'esposizione tollerabile, visto che non si è verificato alcun superamento del valore limite, ma che presenta un rischio di deriva.

Le misurazioni periodiche non costituiscono valutazioni successive dell'esposizione e, di conseguenza, non devono seguire le procedure descritte in precedenza. Né devono essere confuse con il monitoraggio delle misure di controllo del rischio, come ad esempio le verifiche periodiche dei sistemi di ventilazione, che devono essere sempre effettuate, sia che occorra effettuare misurazioni periodiche dell'esposizione, sia che non occorra.

Le misurazioni periodiche devono consentire il raggiungimento di un doppio obiettivo:

a) determinare la tendenza dell'esposizione, in modo che si possano applicare misure correttive, se necessario, prima che si verifichi il superamento del valore limite,

b) adeguare in modo flessibile la frequenza delle misurazioni all'effettiva entità dell'esposizione.

A tale riguardo, occorre che le misurazioni periodiche rispondano a un programma, elaborato fin dal primo momento, che stabilisca chiaramente cosa, dove o chi misurare, quando, come e con che frequenza. In questo modo, i risultati che si otterranno gradualmente saranno confrontabili tra loro e le loro differenze dipenderanno unicamente dalle variazioni dell'esposizione e non da criteri diversi di misurazione.

L'analisi della tendenza dell'esposizione, a partire dai dati delle misurazioni periodiche, si può effettuare con il metodo della media mobile ponderata, illustrato nell'allegato G della norma EN 689.

D'altra parte, gli allegati D e F della stessa norma comprendono due sistemi per stabilire la frequenza di misura, dei quali si espone qui il più semplice. La periodicità iniziale è fissata in 16 settimane, con i seguenti criteri di variazione:

1. Se il risultato di una misurazione è tale che l'esposizione è uguale o inferiore al 25 % del valore limite, la seguente misurazione sarà eseguita dopo 64 settimane.

2. Se il risultato di una misurazione è tale che l'esposizione è compresa tra il 25 e il 50 % del valore limite, la seguente misurazione sarà eseguita dopo 32 settimane.

3. Se il risultato di una misurazione è tale che l'esposizione è compresa tra il 50 e il 100 % del valore limite, la seguente misurazione sarà eseguita dopo 16 settimane.

2005_1599_IT.indd 116 10-10-2006 17:55:01

4. Se varie misurazioni successive forniscono valori di esposizione inferiori al 10 % del valore limite, si può riconsiderare l'effettiva necessità dello stesso programma di misurazioni periodiche.

5. Se da qualche misurazione si deduce un'esposizione superiore al valore limite, si devono applicare le misure preventive necessarie e, successivamente, ripetere la valutazione iniziale, seguendo una delle procedure stabilite.

2005_1599_IT.indd 117 10-10-2006 17:55:01

Tabella A4.1 – Distribuzione normale standard

Z	p	Z	P	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p
3,49	0,9998	2,99	0,9986	2,49	0,9936	1,99	0,9767	1,49	0,9319	0,99	0,8389	0,49	0,6879
3,48	0,9997	2,98	0,9986	2,48	0,9934	1,98	0,9761	1,48	0,9306	0,98	0,8365	0,48	0,6844
3,47	0,9997	2,97	0,9985	2,47	0,9932	1,97	0,9756	1,47	0,9292	0,97	0,8340	0,47	0,6808
3,46	0,9997	2,96	0,9985	2,46	0,9931	1,96	0,9750	1,46	0,9279	0,96	0,8315	0,46	0,6772
3,45	0,9997	2,95	0,9984	2,45	0,9929	1,95	0,9744	1,45	0,9265	0,95	0,8289	0,45	0,6736
3,44	0,9997	2,94	0,9984	2,44	0,9927	1,94	0,9738	1,44	0,9251	0,94	0,8264	0,44	0,6700
3,43	0,9997	2,93	0,9983	2,43	0,9925	1,93	0,9732	1,43	0,9236	0,93	0,8238	0,43	0,6664
3,42	0,9997	2,92	0,9982	2,42	0,9922	1,92	0,9726	1,42	0,9222	0,92	0,8212	0,42	0,6628
3,41	0,9997	2,91	0,9982	2,41	0,9920	1,91	0,9719	1,41	0,9207	0,91	0,8186	0,41	0,6591
3,4	0,9997	2,9	0,9981	2,4	0,9918	1,9	0,9713	1,4	0,9192	0,9	0,8159	0,4	0,6554
3,39	0,9997	2,89	0,9981	2,39	0,9916	1,89	0,9706	1,39	0,9177	0,89	0,8133	0,39	0,6517
3,38	0,9996	2,88	0,9980	2,38	0,9913	1,88	0,9699	1,38	0,9162	0,88	0,8106	0,38	0,6480
3,37	0,9996	2,87	0,9979	2,37	0,9911	1,87	0,9693	1,37	0,9147	0,87	0,8078	0,37	0,6443
3,36	0,9996	2,86	0,9979	2,36	0,9909	1,86	0,9686	1,36	0,9131	0,86	0,8051	0,36	0,6406
3,35	0,9996	2,85	0,9978	2,35	0,9906	1,85	0,9678	1,35	0,9115	0,85	0,8023	0,35	0,6368
3,34	0,9996	2,84	0,9977	2,34	0,9904	1,84	0,9671	1,34	0,9099	0,84	0,7995	0,34	0,6331
3,33	0,9996	2,83	0,9977	2,33	0,9901	1,83	0,9664	1,33	0,9082	0,83	0,7967	0,33	0,6293
3,32	0,9995	2,82	0,9976	2,32	0,9898	1,82	0,9656	1,32	0,9066	0,82	0,7939	0,32	0,6255
3,31	0,9995	2,81	0,9975	2,31	0,9896	1,81	0,9649	1,31	0,9049	0,81	0,7910	0,31	0,6217
3,3	0,9995	2,8	0,9974	2,3	0,9893	1,8	0,9641	1,3	0,9032	0,8	0,7881	0,3	0,6179
3,29	0,9995	2,79	0,9974	2,29	0,9890	1,79	0,9633	1,29	0,9015	0,79	0,7852	0,29	0,6141
3,28	0,9995	2,78	0,9973	2,28	0,9887	1,78	0,9625	1,28	0,8997	0,78	0,7823	0,28	0,6103
3,27	0,9995	2,77	0,9972	2,27	0,9884	1,77	0,9616	1,27	0,8980	0,77	0,7794	0,27	0,6064
3,26	0,9994	2,76	0,9971	2,26	0,9881	1,76	0,9608	1,26	0,8962	0,76	0,7764	0,26	0,6026
3,25	0,9994	2,75	0,9970	2,25	0,9878	1,75	0,9599	1,25	0,8944	0,75	0,7734	0,25	0,5987
3,24	0,9994	2,74	0,9969	2,24	0,9875	1,74	0,9591	1,24	0,8925	0,74	0,7704	0,24	0,5948
3,23	0,9994	2,73	0,9968	2,23	0,9871	1,73	0,9582	1,23	0,8907	0,73	0,7673	0,23	0,5910
3,22	0,9994	2,72	0,9967	2,22	0,9868	1,72	0,9573	1,22	0,8888	0,72	0,7642	0,22	0,5871
3,21	0,9993	2,71	0,9966	2,21	0,9864	1,71	0,9564	1,21	0,8869	0,71	0,7611	0,21	0,5832
3,2	0,9993	2,7	0,9965	2,2	0,9861	1,7	0,9554	1,2	0,8849	0,7	0,7580	0,2	0,5793
3,19	0,9993	2,69	0,9964	2,19	0,9857	1,69	0,9545	1,19	0,8830	0,69	0,7549	0,19	0,5753
3,18	0,9993	2,68	0,9963	2,18	0,9854	1,68	0,9535	1,18	0,8810	0,68	0,7517	0,18	0,5714
3,17	0,9992	2,67	0,9962	2,17	0,9850	1,67	0,9525	1,17	0,8790	0,67	0,7486	0,17	0,5675
3,16	0,9992	2,66	0,9961	2,16	0,9846	1,66	0,9515	1,16	0,8770	0,66	0,7454	0,16	0,5636
3,15	0,9992	2,65	0,9960	2,15	0,9842	1,65	0,9505	1,15	0,8749	0,65	0,7422	0,15	0,5596
3,14	0,9992	2,64	0,9959	2,14	0,9838	1,64	0,9495	1,14	0,8729	0,64	0,7389	0,14	0,5557
3,13	0,9991	2,63	0,9957	2,13	0,9834	1,63	0,9484	1,13	0,8708	0,63	0,7357	0,13	0,5517
3,12	0,9991	2,62	0,9956	2,12	0,9830	1,62	0,9474	1,12	0,8686	0,62	0,7324	0,12	0,5478
3,11	0,9991	2,61	0,9955	2,11	0,9826	1,61	0,9463	1,11	0,8665	0,61	0,7291	0,11	0,5438
3,1	0,9990	2,6	0,9953	2,1	0,9821	1,6	0,9452	1,1	0,8643	0,6	0,7257	0,1	0,5398
3,09	0,9990	2,59	0,9952	2,09	0,9817	1,59	0,9441	1,09	0,8621	0,59	0,7224	0,09	0,5359
3,08	0,9990	2,58	0,9951	2,08	0,9812	1,58	0,9429	1,08	0,8599	0,58	0,7190	0,08	0,5319
3,07	0,9989	2,57	0,9949	2,07	0,9808	1,57	0,9418	1,07	0,8577	0,57	0,7157	0,07	0,5279
3,06	0,9989	2,56	0,9948	2,06	0,9803	1,56	0,9406	1,06	0,8554	0,56	0,7123	0,06	0,5239
3,05	0,9989	2,55	0,9946	2,05	0,9798	1,55	0,9394	1,05	0,8531	0,55	0,7088	0,05	0,5199
3,04	0,9988	2,54	0,9945	2,04	0,9793	1,54	0,9382	1,04	0,8508	0,54	0,7054	0,04	0,5160
3,03	0,9988	2,53	0,9943	2,03	0,9788	1,53	0,9370	1,03	0,8485	0,53	0,7019	0,03	0,5120
3,02	0,9987	2,52	0,9941	2,02	0,9783	1,52	0,9357	1,02	0,8461	0,52	0,6985	0,02	0,5080
3,01	0,9987	2,51	0,9940	2,01	0,9778	1,51	0,9345	1,01	0,8438	0,51	0,6950	0,01	0,5040
3	0,9987	2,5	0,9938	2	0,9772	1,5	0,9332	1	0,8413	0,5	0,6915	0	0,5000

2005_1599_IT.indd 118 10-10-2006 17:55:03

Tabella A4.1 – Distribuzione normale standard (seguito)

Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p
-3,49	0,0002	-2,99	0,0014	-2,49	0,0064	-1,99	0,0233	-1,49	0,0681	-0,99	0,1611	-0,49	0,3121
-3,48	0,0003	-2,98	0,0014	-2,48	0,0066	-1,98	0,0239	-1,48	0,0694	-0,98	0,1635	-0,48	0,3156
-3,47	0,0003	-2,97	0,0015	-2,47	0,0068	-1,97	0,0244	-1,47	0,0708	-0,97	0,1660	-0,47	0,3192
-3,46	0,0003	-2,96	0,0015	-2,46	0,0069	-1,96	0,0250	-1,46	0,0721	-0,96	0,1685	-0,46	0,3228
-3,45	0,0003	-2,95	0,0016	-2,45	0,0071	-1,95	0,0256	-1,45	0,0735	-0,95	0,1711	-0,45	0,3264
-3,44	0,0003	-2,94	0,0016	-2,44	0,0073	-1,94	0,0262	-1,44	0,0749	-0,94	0,1736	-0,44	0,3300
-3,43	0,0003	-2,93	0,0017	-2,43	0,0075	-1,93	0,0268	-1,43	0,0764	-0,93	0,1762	-0,43	0,3336
-3,42	0,0003	-2,92	0,0018	-2,42	0,0078	-1,92	0,0274	-1,42	0,0778	-0,92	0,1788	-0,42	0,3372
-3,41	0,0003	-2,91	0,0018	-2,41	0,0080	-1,91	0,0281	-1,41	0,0793	-0,91	0,1814	-0,41	0,3409
-3,4	0,0003	-2,9	0,0019	-2,4	0,0082	-1,9	0,0287	-1,4	0,0808	-0,9	0,1841	-0,4	0,3446
-3,39	0,0003	-2,89	0,0019	-2,39	0,0084	-1,89	0,0294	-1,39	0,0823	-0,89	0,1867	-0,39	0,3483
-3,38	0,0004	-2,88	0,0020	-2,38	0,0087	-1,88	0,0301	-1,38	0,0838	-0,88	0,1894	-0,38	0,3520
-3,37	0,0004	-2,87	0,0021	-2,37	0,0089	-1,87	0,0307	-1,37	0,0853	-0,87	0,1922	-0,37	0,3557
-3,36	0,0004	-2,86	0,0021	-2,36	0,0091	-1,86	0,0314	-1,36	0,0869	-0,86	0,1949	-0,36	0,3594
-3,35	0,0004	-2,85	0,0022	-2,35	0,0094	-1,85	0,0322	-1,35	0,0885	-0,85	0,1977	-0,35	0,3632
-3,34	0,0004	-2,84	0,0023	-2,34	0,0096	-1,84	0,0329	-1,34	0,0901	-0,84	0,2005	-0,34	0,3669
-3,33	0,0004	-2,83	0,0023	-2,33	0,0099	-1,83	0,0336	-1,33	0,0918	-0,83	0,2033	-0,33	0,3707
-3,32	0,0005	-2,82	0,0024	-2,32	0,0102	-1,82	0,0344	-1,32	0,0934	-0,82	0,2061	-0,32	0,3745
-3,31	0,0005	-2,81	0,0025	-2,31	0,0104	-1,81	0,0351	-1,31	0,0951	-0,81	0,2090	-0,31	0,3783
-3,3	0,0005	-2,8	0,0026	-2,3	0,0107	-1,8	0,0359	-1,3	0,0968	-0,8	0,2119	-0,3	0,3821
-3,29	0,0005	-2,79	0,0026	-2,29	0,0110	-1,79	0,0367	-1,29	0,0985	-0,79	0,2148	-0,29	0,3859
-3,28	0,0005	-2,78	0,0027	-2,28	0,0113	-1,78	0,0375	-1,28	0,1003	-0,78	0,2177	-0,28	0,3897
-3,27	0,0005	-2,77	0,0028	-2,27	0,0116	-1,77	0,0384	-1,27	0,1020	-0,77	0,2206	-0,27	0,3936
-3,26	0,0006	-2,76	0,0029	-2,26	0,0119	-1,76	0,0392	-1,26	0,1038	-0,76	0,2236	-0,26	0,3974
-3,25	0,0006	-2,75	0,0030	-2,25	0,0122	-1,75	0,0401	-1,25	0,1056	-0,75	0,2266	-0,25	0,4013
-3,24	0,0006	-2,74	0,0031	-2,24	0,0125	-1,74	0,0409	-1,24	0,1075	-0,74	0,2296	-0,24	0,4052
-3,23	0,0006	-2,73	0,0032	-2,23	0,0129	-1,73	0,0418	-1,23	0,1093	-0,73	0,2327	-0,23	0,4090
-3,22	0,0006	-2,72	0,0033	-2,22	0,0132	-1,72	0,0427	-1,22	0,1112	-0,72	0,2358	-0,22	0,4129
-3,21	0,0007	-2,71	0,0034	-2,21	0,0136	-1,71	0,0436	-1,21	0,1131	-0,71	0,2389	-0,21	0,4168
-3,2	0,0007	-2,7	0,0035	-2,2	0,0139	-1,7	0,0446	-1,2	0,1151	-0,7	0,2420	-0,2	0,4207
-3,19	0,0007	-2,69	0,0036	-2,19	0,0143	-1,69	0,0455	-1,19	0,1170	-0,69	0,2451	-0,19	0,4247
-3,18	0,0007	-2,68	0,0037	-2,18	0,0146	-1,68	0,0465	-1,18	0,1190	-0,68	0,2483	-0,18	0,4286
-3,17	0,0008	-2,67	0,0038	-2,17	0,0150	-1,67	0,0475	-1,17	0,1210	-0,67	0,2514	-0,17	0,4325
-3,16	0,0008	-2,66	0,0039	-2,16	0,0154	-1,66	0,0485	-1,16	0,1230	-0,66	0,2546	-0,16	0,4364
-3,15	0,0008	-2,65	0,0040	-2,15	0,0158	-1,65	0,0495	-1,15	0,1251	-0,65	0,2578	-0,15	0,4404
-3,14	0,0008	-2,64	0,0041	-2,14	0,0162	-1,64	0,0505	-1,14	0,1271	-0,64	0,2611	-0,14	0,4443
-3,13	0,0009	-2,63	0,0043	-2,13	0,0166	-1,63	0,0516	-1,13	0,1292	-0,63	0,2643	-0,13	0,4483
-3,12	0,0009	-2,62	0,0044	-2,12	0,0170	-1,62	0,0526	-1,12	0,1314	-0,62	0,2676	-0,12	0,4522
-3,11	0,0009	-2,61	0,0045	-2,11	0,0174	-1,61	0,0537	-1,11	0,1335	-0,61	0,2709	-0,11	0,4562
-3,1	0,0010	-2,6	0,0047	-2,1	0,0179	-1,6	0,0548	-1,1	0,1357	-0,6	0,2743	-0,1	0,4602
-3,09	0,0010	-2,59	0,0048	-2,09	0,0183	-1,59	0,0559	-1,09	0,1379	-0,59	0,2776	-0,09	0,4641
-3,08	0,0010	-2,58	0,0049	-2,08	0,0188	-1,58	0,0571	-1,08	0,1401	-0,58	0,2810	-0,08	0,4681
-3,07	0,0011	-2,57	0,0051	-2,07	0,0192	-1,57	0,0582	-1,07	0,1423	-0,57	0,2843	-0,07	0,4721
-3,06	0,0011	-2,56	0,0052	-2,06	0,0197	-1,56	0,0594	-1,06	0,1446	-0,56	0,2877	-0,06	0,4761
-3,05	0,0011	-2,55	0,0054	-2,05	0,0202	-1,55	0,0606	-1,05	0,1469	-0,55	0,2912	-0,05	0,4801
-3,04	0,0012	-2,54	0,0055	-2,04	0,0207	-1,54	0,0618	-1,04	0,1492	-0,54	0,2946	-0,04	0,4840
-3,03	0,0012	-2,53	0,0057	-2,03	0,0212	-1,53	0,0630	-1,03	0,1515	-0,53	0,2981	-0,03	0,4880
-3,02	0,0013	-2,52	0,0059	-2,02	0,0217	-1,52	0,0643	-1,02	0,1539	-0,52	0,3015	-0,02	0,4920
-3,01	0,0013	-2,51	0,0060	-2,01	0,0222	-1,51	0,0655	-1,01	0,1562	-0,51	0,3050	-0,01	0,4960
-3	0,0013	-2,5	0,0062	-2	0,0228	-1,5	0,0668	-1	0,1587	-0,5	0,3085	0	0,5000

2005_1599_IT.indd 119 10-10-2006 17:55:05

2005_1599_IT.indd 120 10-10-2006 17:55:06

ALLEGATO 5
METODI DI MISURA DEGLI AGENTI CHIMICI MENZIONATI NELL'ELENCO DI VALORI LIMITE INDICATIVI DELLA DIRETTIVA 2000/39/CE

1. METODI DI PRELIEVO DI CAMPIONI E DI ANALISI

Per ottenere risultati affidabili nella misurazione degli agenti chimici che presentano un valore limite di esposizione professionale (VL), occorre utilizzare metodi che possiedano caratteristiche idonee, applicarli secondo le istruzioni e raccomandazioni in essi contenute ed effettuare un controllo adeguato in tutte le fasi di esecuzione del metodo.

Le norme europee elaborate dal comitato tecnico 137 CEN ([34]) «*Assessment exposure at the workplace*», stabiliscono i requisiti per le caratteristiche dei metodi di misura che li rendono idonei alla determinazione delle concentrazioni di sostanze chimiche nell'aria dei luoghi di lavoro.

In conformità alla norma EN 482:1994, le misurazioni aventi ad oggetto il confronto con i valori limite di esposizione professionale sono quelle che *«forniscono informazioni esatte e affidabili sulla concentrazione media ponderata nel tempo di un agente chimico specifico nell'aria che può essere inalato ovvero ne consentono la previsione»*. A tale scopo, secondo la norma citata, l'incertezza complessiva per queste misurazioni deve essere ≤ 30 % per l'intervallo da 0,5 a 2 VL e ≤ 50 % per l'intervallo da 0,1 a 0,5 VL. Il metodo di misura deve soddisfare questi requisiti con tempi di prelievo dei campioni uguali o inferiori al periodo di riferimento del valore limite e nelle condizioni ambientali tipiche dei luoghi di lavoro. Inoltre, i procedimenti e le attrezzature utilizzate nella misurazione delle sostanze chimiche dovrebbero essere conformi alle norme specifiche derivanti dalla EN 482:1994 che risultino applicabili in ciascun caso (si vedano i paragrafi 2.1 e 2.2 di questo allegato e la parte III di queste linee direttrici pratiche, corrispondente alla bibliografia).

In genere, i metodi che soddisfano i precedenti requisiti sono quelli che prevedono fasi separate di prelievo di campioni e di analisi. Un metodo di prelievo di campioni e di analisi è un complesso ordinato di operazioni o procedure di lavoro, che consente di ottenere risposta a una specifica esigenza di misurazione, come quella di determinare la concentrazione di un agente chimico nell'aria o in una matrice concreta.

Nei metodi di prelievo di campioni e di analisi si possono distinguere tre fasi:

- il prelievo dei campioni, in cui si indica il procedimento che si deve seguire per ottenere i campioni,
- il trasporto e stoccaggio, in cui si indicano le precauzioni e raccomandazioni per evitare alterazioni dei campioni una volta ottenuti,
- l'analisi, che descrive il trattamento cui sottoporre i campioni in laboratorio.

I metodi sono sostanzialmente definiti in base:

- alla sostanza concreta (o alle sostanze concrete) di cui determinano la concentrazione,
- al sistema di prelievo campioni (attivo/passivo, supporto di cattura ecc.),
- alla tecnica analitica da utilizzare.

I metodi di prelievo campioni e di analisi, inclusi in questo documento, sono stati selezionati in funzione del grado di conformità alle norme europee. Si è partiti dai metodi pubblicati esistenti, redatti in forma normalizzata, con protocolli di validazione noti e rapporti di validazione accessibili. Le caratteristiche dei metodi selezionati sono state confrontate con i requisiti delle norme europee, al fine di determinarne

([34]) Comitato europeo di normalizzazione.

2005_1599_IT.indd 121 10-10-2006 17:55:06

l'idoneità. I protocolli di validazione variano in funzione della loro origine, sicché è stato necessario valutare alcuni dei parametri indicati nelle norme europee sulla base dei dati disponibili.

2. REQUISITI DEI METODI DI MISURA

2.1. REQUISITI GENERALI

I requisiti generali, contenuti nella norma EN 482:1994 per le misurazioni di agenti chimici sul luogo di lavoro, aventi ad oggetto il confronto con i valori limite (VL) sono:

Intervallo minimo di misura. L'intervallo di misura del procedimento di misurazione deve comprendere il valore limite ed estendersi da 0,1 VL a 2 VL. Ciò significa che, per tutto questo intervallo, l'incertezza complessiva deve situarsi tra i limiti specificati (si veda più sotto la definizione di incertezza complessiva).

Tempo di ponderazione. È il periodo per il quale il procedimento di misurazione fornisce un singolo risultato. Per un metodo a fasi separate di prelievo campioni e di analisi, il tempo di ponderazione equivale al tempo di campionamento. Per i metodi di misura aventi ad oggetto il confronto con i valori limite, il tempo di campionamento deve essere minore o uguale al periodo di riferimento del valore limite.

Incertezza complessiva. In generale, si intende per incertezza complessiva la stima che caratterizza l'intervallo di valori nel quale si situa, di regola con un'alta probabilità data, il valore effettivo della grandezza misurata [UNE-EN 30012-1, 3.7:1994]. Nel campo della misurazione degli agenti chimici, il termine *incertezza complessiva* designa la quantità utilizzata per caratterizzare, come un tutto, l'incertezza del risultato dato per un'attrezzatura o per un procedimento di misurazione. Quantitativamente, viene espressa, in percentuale, da una combinazione della deviazione e della precisione, generalmente in conformità alla formula [UNE-EN 482:1994, 3.7:1995]:

$$\frac{\left|\overline{X} - X_{ref}\right| + 2s}{X_{ref}} \times 100$$

dove:

$\overline{X}$ è il valore medio dei risultati di un certo numero di misurazioni ripetute;

X_{ref} è il valore di riferimento effettivo o accettato della concentrazione;

s è la deviazione tipica delle misurazioni.

L'incertezza complessiva, calcolata con la formula precedente, deve essere ≤ 30 % per l'intervallo da 0,5 a 2 VL e ≤ 50 % per l'intervallo da 0,1 a 0,5 VL.

Integrità fisica e chimica del campione. Lo stoccaggio e il trasporto devono avvenire in modo tale da preservare l'integrità fisica e chimica del campione. Il metodo deve comprendere le condizioni di trasporto e di stoccaggio (temperatura, protezione dalla luce, tempo massimo di stoccaggio ecc.).

Condizioni ambientali. I precedenti requisiti devono essere soddisfatti nelle condizioni ambientali che si presentano sul luogo di lavoro, tipiche dell'utilizzo che si esige dal procedimento. In genere, si considerano le informazioni relative all'influsso della temperatura nell'intervallo 5 °C - 40 °C, dell'umidità nell'intervallo 20 % - 80 % di umidità relativa, della pressione e di altri parametri.

Selettività. Si intende per selettività il grado di indipendenza del metodo dalle interferenze [UNE-EN 482, 3.9:1995]. Viene altresì definita come il grado al quale un metodo può determinare un certo analita all'interno di una miscela complessa, senza interferenze da parte di altri componenti della miscela [WELAC/EURACHEM:93]. Il procedimento di misurazione deve tenere conto delle possibili interferenze e fornire informazioni necessarie per minimizzarne gli effetti.

Descrizione del metodo. La descrizione del metodo deve seguire, di preferenza, le indicazioni della norma ISO 78/2. La descrizione deve contenere tutte le informazioni necessarie per applicare il procedimento, con indicazione, inoltre, dell'incertezza complessiva raggiungibile, dell'intervallo di misura specifico, del tempo di ponderazione, delle interferenze e delle informazioni relative alle condizioni ambientali o ad altre che potrebbero influire.

Nella redazione formale del metodo, secondo le indicazioni della norma ISO 78/2:1982 «norme di analisi chimica», i dati vengono disposti nelle seguenti sezioni:

2005_1599_IT.indd 122 10-10-2006 17:55:07

- introduzione (opzionale),
- oggetto e campo di applicazione,
- definizioni,
- fondamento del metodo,
- reagenti e prodotti,
- apparecchiature e materiale,
- prelievo dei campioni,
- procedura di analisi,
- calcoli,
- precisione e accuratezza,
- bibliografia.

Espressione dei risultati. Il risultato finale fornito dal metodo deve essere espresso nelle stesse unità di misura utilizzate per il valore limite.

2.2. REQUISITI SPECIFICI

Oltre ai requisiti generali, e dipendendo dallo stato fisico dell'agente chimico nell'atmosfera, dalla sua struttura chimica, dalla specie di agente chimico che si deve misurare, dal tipo di campionamento (attivo o passivo) e dall'elemento di cattura, si devono considerare le norme riportate di seguito (vedere la parte III):

- Per tutti i metodi che utilizzano sistemi di campionamento attivo, le pompe di campionamento personale devono essere conformi alla norma EN 1232:1997, mentre le pompe di portata superiore a 5 l/min devono essere conformi alla norma EN 12919:1999.

- I metodi per la determinazione di agenti chimici presenti nell'atmosfera, come gas e vapori, devono soddisfare i requisiti della norma EN 1076:1997, se utilizzano tubi adsorbenti, o della norma EN 838:1995 se si tratta di campionatori passivi a diffusione.

- I metodi per la determinazione degli agenti chimici presenti nell'atmosfera sotto forma di particelle e che richiedano l'uso di separatori devono rispettare le norme EN 481:1993 ed EN 13205:2001. I metodi per la determinazione di metalli e metalloidi devono inoltre soddisfare i requisiti della norma EN 13890:2002, mentre i metodi per la determinazione degli agenti chimici presenti sotto forma di miscugli di particelle e vapori devono soddisfare i requisiti della norma ENV 13936:2001.

2.3. VALIDAZIONE DEL METODO

I metodi da utilizzare devono essere metodi validati che garantiscano il conseguimento di risultati con il grado di affidabilità richiesto. La validazione di un procedimento di misura stabilisce, mediante studi sistematici di laboratorio, che le caratteristiche di tale procedimento soddisfano le specifiche tecniche relative all'uso previsto dei risultati analitici. Il processo di validazione consente di conoscere le caratteristiche di funzionamento del metodo e offre un alto livello di confidenza nello stesso e nei risultati ottenuti applicandolo.

Al fine di stabilire i metodi per la determinazione della concentrazione dei contaminanti chimici, occorre predefinire alcuni criteri di comportamento che comprendano, fra gli altri valori, i valori massimi della deviazione e della precisione che si devono ottenere in condizioni di laboratorio simili a quelle reali. Questi criteri, che devono comprendere anche le eventuali influenze ambientali, vengono di solito tradotti in documenti denominati protocolli di validazione.

Il protocollo di validazione deve essere tale da consentire la determinazione dell'incertezza complessiva (precisione e deviazione) del metodo e deve essere fondato su misurazioni ripetute in condizioni definite. Il numero minimo di misurazioni ripetute per un dato complesso di condizioni deve essere pari a sei. L'incertezza complessiva relativa deve essere determinata alle concentrazioni corrispondenti ai limiti inferiore e superiore dell'intervallo di misura specifico minimo (da 0,1 VL a 2 VL) e, almeno, ad un'altra concentrazione intermedia.

In funzione del fondamento del metodo, il protocollo deve comprendere la prova dell'influenza dei parametri ambientali e delle interferenze che possono incidere sui risultati della misurazione. Devono essere considerati anche altri fattori, la cui influenza deve essere valutata in caso di necessità, come ad esempio la velocità e la direzione del vento o la direzione dell'orifizio di ingresso della sonda di campionamento. Se si applicano fattori di correzione per una deviazione conosciuta e spiegabile, determinata dalle influenze ambientali, detti fattori devono essere giustificati e registrati nel rapporto di validazione.

2005_1599_IT.indd 123 10-10-2006 17:55:07

2.4. ALTRE CARATTERISTICHE DA VALUTARE

Tra le caratteristiche non tecniche, può essere particolarmente interessante per l'utente disporre di una valutazione della difficoltà di applicazione del metodo e del costo economico della strumentazione necessaria. La valutazione di queste caratteristiche è ampiamente condizionata dalla situazione dell'ente che effettua le misurazioni e del luogo di lavoro da valutare, oltre che dal numero di misurazioni (campioni da prelevare e analizzare) e dal numero di determinazioni (analiti) per ogni campione.

Grado di difficoltà. Per valutare la difficoltà di applicazione di ogni metodo selezionato sono stati considerati i seguenti fattori:

- le attrezzature e gli accessori necessari sono disponibili in commercio;
- i modelli di taratura possono essere preparati tramite un semplice dissolvimento;
- non esistono limiti o difficoltà al prelievo di campioni (per esempio, utilizzo di gorgogliatori);
- non sono previsti periodi minimi di prelievo campioni molto lunghi (per esempio, 4 ore o più);
- il trasporto e stoccaggio dei campioni non necessita di alcuna precauzione particolare, a parte quelle generali indicate nella sezione seguente e quella di «conservare a 4°C»;
- non vi sono restrizioni o limiti alle condizioni per l'intero campo di applicazione del metodo;
- l'analita è stabile e non vi sono variazioni dei valori di incertezza complessiva, in rapporto alla concentrazione o ad altre condizioni.

Riguardo al grado di difficoltà, sono state applicate le seguenti categorie: applicazione semplice, applicazione complessa e applicazione molto complessa. Si parla di *applicazione semplice* quando sono soddisfatte le caratteristiche indicate in precedenza e di *applicazione complessa e applicazione molto complessa* quando non sono soddisfatte 2 o più delle condizioni precedenti (sarebbe questo il caso di un metodo che richieda un supporto di cattura impregnato non disponibile in commercio).

Costo economico. Sebbene le attrezzature di analisi chimica siano normalmente più care di quelle utilizzate per il prelievo di campioni, sono state considerate nel loro complesso, ai fini di una valutazione del costo economico. È stato adottato il seguente criterio:

- ***basso*** (< 12 000 euro),
- ***medio*** (< 42 000 euro),
- ***alto*** (< 42 000 euro).

3. ISTRUZIONI GENERALI PER L'APPLICAZIONE DEL METODO

L'esecuzione delle tre fasi che costituiscono il metodo di misura (prelievo dei campioni, trasporto e conservazione e analisi strumentale) è generalmente affidata a persone diverse, il che comporta la necessità di disporre di sistemi che garantiscano l'integrità e la custodia del campione per l'intera durata del processo.

3.1. PRELIEVO DEI CAMPIONI

Il prelievo dei campioni è necessario in tutte le determinazioni analitiche che devono essere effettuate in laboratorio. Si tratta della prima fase del metodo di misura, nettamente distinta dalla determinazione analitica, sia per la sua diversa problematica specifica sia per la sua differente esecuzione nel tempo, e nella maggioranza dei casi da parte di operatori diversi, nonostante entrambi, il prelievo dei campioni e la determinazione analitica, siano totalmente legati e dipendenti l'uno dall'altra.

Il prelievo dei campioni deve essere eseguito secondo le indicazioni del metodo di misura prescelto. Prima di procedervi, bisogna accertarsi che le attrezzature utilizzate siano opportunamente tarate e conservate e che i supporti di ritenzione siano quelli raccomandati nel metodo, siano stati stoccati alle condizioni raccomandate dal produttore e, se del caso, non sia stata superata la data di scadenza prevista.

In caso di campionamento passivo a diffusione, si deve tenere conto che la velocità di cattura, indicata nel metodo, è valida unicamente per il modello di campionatore utilizzato per la validazione. Qualora si utilizzasse un modello di campionatore diverso, l'utente deve calcolare la velocità di cattura o richiederla al produttore.

È importante che i campioni siano identificati in modo univoco e che si raccolgano tutti i dati e le informazioni sul luogo di lavoro che siano pertinenti.

2005_1599_IT.indd 124 10-10-2006 17:55:07

Allo stesso modo, dovrebbe esistere un registro dei campioni, sul quale annotare almeno il riferimento attribuito agli stessi, il luogo dove essi sono stati prelevati, le attrezzature utilizzate, le condizioni in cui è avvenuto il prelievo, la persona che lo ha effettuato e il laboratorio cui sono inviati i campioni per l'analisi.

3.2. TRASPORTO E CONSERVAZIONE DEI CAMPIONI

La fase del metodo di misura comprendente il trasporto e lo stoccaggio o conservazione del campione è di vitale importanza, poiché un trattamento improprio dei campioni durante questa fase ne condiziona l'integrità e invalida l'intero processo di misurazione. Per garantire stabilmente che i campioni siano in condizioni idonee, occorre evitare che vi siano lassi di tempo e luoghi in cui i campioni prelevati restino senza la custodia di un responsabile.

Il metodo di misura stabilisce le condizioni di trasporto e di conservazione che devono essere rispettate: temperatura, protezione dalla luce, umidità raccomandata e tempo massimo di stoccaggio. È opportuno che il lasso di tempo tra il prelievo del campione e il suo ricevimento da parte del laboratorio che ne effettuerà l'analisi sia il più breve possibile.

Le principali raccomandazioni sono:

- sigillare o chiudere i campioni subito dopo la loro cattura;
- imballare i campioni in contenitori adatti per il loro trasporto;
- includere in ogni lotto di campioni un «campione bianco» (campione in cui non si è fatta passare aria);
- non collocare nella stessa scatola o contenitore campioni ambientali e campioni di materie prime (*bulk samples*);
- evitare alterazioni dei campioni dovute a riscaldamento eccessivo o ad esposizione intensa alla luce solare;
- non stoccare i campioni, ma inviarli immediatamente al laboratorio;
- conservare correttamente i campioni, secondo le indicazioni del metodo analitico, e non manipolarli fino al momento dell'analisi.

3.3. ANALISI

È opportuno che il laboratorio incaricato delle analisi soddisfi i requisiti previsti dalla norma EN-ISO/CEI 17025:1999, soprattutto per quanto riguarda i seguenti aspetti:

- possedere un sistema di qualità consolidato;
- disporre di un piano di manutenzione e taratura delle sue attrezzature;
- applicare procedure di lavoro normalizzate per le sue attività;
- applicare metodi di misura validati;
- disporre di personale provvisto della qualificazione professionale e dell'esperienza necessaria;
- partecipare a programmi di valutazione esterna della qualità o a prove di interconfronto.

4. SELEZIONE E VALUTAZIONE DEI METODI

4.1. RACCOLTA DI METODI DI PRELIEVO CAMPIONI E DI ANALISI

La selezione dei metodi di prelievo campioni e di analisi per gli agenti chimici della direttiva 2000/39/CE è stata compiuta tra i metodi pubblicati esistenti, redatti in forma normalizzata, con protocolli di validazione noti e rapporti di validazione accessibili.

A tale scopo, nella prima fase di selezione, sono state considerate le raccolte di metodi pubblicate da organismi competenti di paesi dell'UE citati nella norma EN 14042:2003. Di questi sono stati considerati, ove è stato possibile, i metodi nei quali i protocolli di validazione e i dati di validazione erano pubblicati o erano accessibili. Le raccolte di metodi considerate sono quelle citate nella parte III di questo documento, corrispondente alla bibliografia.

I metodi di queste collezioni dispongono, in molti casi, di propri protocolli di validazione o risultati di validazione pubblicati. In caso contrario, vengono utilizzati i dati di validazione del NIOSH e dell'OSHA. Pertanto, è stato necessario ricorrere alle raccolte di metodi NIOSH e OSHA, poiché costituiscono un riferimento generale nella maggior parte dei paesi dell'UE, anche qualora si disponga di raccolte di metodi pubblicate. Le raccolte di metodi NIOSH e

2005_1599_IT.indd 125 10-10-2006 17:55:07

OSHA si trovano anche tra i riferimenti della norma EN 14042:2003. Questi organismi pubblicano sia i protocolli di validazione sia i risultati del processo di validazione.

In alcuni casi, quando i dati non erano sufficienti, è stato necessario ricorrere ad articoli pubblicati in riviste scientifiche.

4.2. RACCOLTA DI DATI SUI METODI PER OGNI AGENTE CHIMICO

Per molte sostanze è stato pubblicato più di un metodo. Si può trattare di metodi uguali o equivalenti o di metodi diversi tra loro. Si ritiene che i metodi siano uguali o equivalenti quando il metodo e le attrezzature di prelievo campioni e di analisi da essi utilizzate sono le stesse e i procedimenti sono simili. Possono esservi differenze nel campo di applicazione dei metodi uguali o equivalenti, dovute alle differenze di valori limite, sia per le differenze esistenti tra i valori stabiliti nei diversi paesi sia per le modifiche (in genere riduzioni, talvolta drastiche) dei valori limite nel corso del tempo.

Per ogni metodo o gruppo di metodi uguali, sono stati raccolti, in tabelle simili a quella riprodotta di seguito (tabella A5.1), tutti i dati disponibili, contenuti nel metodo stesso o nei rapporti di validazione corrispondenti, al fine di ottenere informazioni su campo di applicazione, prelievo dei campioni, trasporto e stoccaggio, analisi e qualsiasi altra informazione di interesse.

4.3. VALUTAZIONE DEI METODI

I metodi sono stati valutati in funzione del grado di conformità ai requisiti indicati nella sezione 2, raggruppando i metodi uguali o equivalenti. In primo luogo, sono state valutate le caratteristiche (tecniche) di funzionamento e, in secondo luogo, altre caratteristiche. Le caratteristiche del metodo candidato sono state incrociate con i requisiti stabiliti nelle norme europee. Sono stati assunti come riferimento base e generale i requisiti fissati dalla norma EN 482:1994 per le misurazioni aventi ad oggetto il confronto con i valori limite (paragrafo 2.1). Sono state altresì considerate le norme specifiche derivanti dalla EN 482:1994, menzionate in precedenza nella sezione 2.2, nelle quali sono descritti i requisiti per i diversi tipi di procedimenti ed attrezzature utilizzati nella misurazione delle sostanze chimiche.

Nella valutazione e selezione dei metodi, si è tenuto conto dei dati di validazione disponibili. I protocolli di validazione variano in funzione della loro origine, sicché è stato necessario valutare alcuni dei parametri

Tabella A5.1 – Raccolta di dati per ogni metodo

(Nome dell'agente chimico)	**VL (8 h) = mg/m³,**	**VL (breve termine) = mg/m³**		
		Metodo 1	Metodo 2	Metodo 3
Volume di *breakthrough* (*Breakthrough volume*)	Concentrazione nell'atmosfera mg/m³ (x VL)			
	Umidità relativa (%)			
	Portata (*Flow rate*) (l/min)			
Efficienza di desorbimento (*Desorption efficiency*)	Massa aggiunta (mg per campione)			
Prove Campionamento/analisi	Portata (*Flow rate*) (l/min)			
	Volume di campionamento (l)			
	Concentrazione nell'atmosfera mg/m³ (x VL)			
	Umidità relativa (%)			
	mg raccolti			
Prova di stoccaggio	Concentrazione nell'atmosfera mg/m³ (x VL)			
	Umidità relativa (%)			
	Condizioni di stoccaggio (Refrigerato/ambiente)			
	Tempo di stoccaggio (giorni)			
Altre informazioni	Interferenze, restrizioni ecc.			

2005_1599_IT.indd 126 17-10-2006 15:03:12

indicati nelle norme europee sulla base dei dati disponibili. La norma EN 482:1994 indica che la validazione di un metodo da confrontare con i valori limite (VL) deve avvenire nell'intervallo tra 0,1 VL e 2 VL. In virtù di questo criterio, basato sui VL, l'intervallo operativo deve cambiare ogni volta che cambia il valore limite. I metodi pubblicati sono stati validati, almeno in alcuni casi, per valori limite sensibilmente superiori, e talvolta inferiori, ai VL della direttiva e, in ogni caso, per il VL di 8 ore. In questo modo, per sfruttare l'opera di validazione effettuata a suo tempo sui metodi, occorre estrapolare le condizioni di validazione in base alle necessità attuali. Così, quando è risultato necessario, il volume del campione è stato adattato in modo che le quantità assolute di campione raccolte, alla portata raccomandata, fossero comprese nell'intervallo di concentrazioni cui si riferivano i dati di validazione. Nel campo dei solventi organici catturati su un adsorbente solido, tale estrapolazione è possibile purché si rispettino alcuni concetti fondamentali della validazione, come quello di volume di breakthrough (*breakthrough volume)*, che consiste in pratica nell'evitare che venga superata la capacità di assorbimento dell'adsorbente impiegato, il che invaliderebbe il campione raccolto.

5. SCHEDE DEI METODI DI PRELIEVO CAMPIONI E DI ANALISI PER GLI AGENTI CHIMICI DELLA DIRETTIVA 2000/39/CE

È stata elaborata una scheda del metodo di prelievo campioni e di analisi (due, in alcuni casi) per ogni sostanza chimica contenuta nell'elenco di valori limite indicativi della direttiva 2000/39/CE.

Le schede raccolgono i dati fondamentali per tutte le fasi del metodo di misura: prelievo del campione, trasporto e stoccaggio e analisi, affinché possano essere utili sia per il lavoro sul campo, sia per il laboratorio. I dati sono suddivisi in gruppi, secondo il modello della figura A5.2 (modello di scheda e spiegazione dei contenuti).

Nei casi in cui, per una stessa sostanza, esistano vari metodi, i dati inclusi nella scheda sono quelli del metodo selezionato, che è stato validato nel modo più vicino alle norme europee per l'intervallo di concentrazioni di interesse (VL da 0,1 a 2 della direttiva 2000/39/CE), mentre i valori inclusi di precisione, deviazione e incertezza complessiva sono propri del metodo selezionato. I dati degli altri metodi, siano essi equivalenti o diversi, sono riportati nella sezione «Altri metodi» della scheda, nella quale sono compresi, se necessario, i dati rilevanti dei metodi equivalenti che possono integrare quello raccomandato, nonché le alternative di prelievo campioni e di analisi offerte dai diversi metodi.

Nella tabella A5.3 è riportato l'elenco delle schede. La prima colonna contiene il numero identificativo della scheda, rispettivamente assegnato secondo l'ordine dell'elenco di valori limite della direttiva 2000/39/CE. La colonna seguente contiene il nome dell'agente chimico. Nella terza colonna è indicato l'intervallo di misura specifico minimo (definizione nel paragrafo 2.1), in conformità alla norma EN 482:1994. La quarta colonna contiene l'intervallo validato corrispondente al metodo selezionato, il quale è a sua volta indicato nella quinta colonna. La sesta colonna contiene osservazioni relative ai limiti di applicabilità di tale metodo per la misura delle concentrazioni di agenti chimici pericolosi nell'aria del luogo di lavoro, in rapporto ai valori limite di esposizione professionale.

Nelle tabelle A5.4 e A5.5 è riportato l'indice delle schede ordinato, rispettivamente, per numero CAS e in ordine alfabetico.

2005_1599_IT.indd 127 10-10-2006 17:55:08

Figura A.5.2 – Modello di scheda e spiegazione dei contenuti

NOME DELL'AGENTE CHIMICO
Nome dell'agente chimico dell'elenco dei VL della direttiva 2000/39/CE, seguito, talvolta, dal sinonimo di uso più frequente.

N. CAS: *N. di ruolo del Chemical Abstract Service*

SCHEDA N.---
Numero d'ordine nell'elenco dei VL.

Scheda di elaborazione o dell'ultimo aggiornamento.

VL (8 h): ----- mg/m³, ----- ppm
Valori limite di esposizione professionale indicativi dell'allegato della direttiva 2000/39/CE.

VL (breve termine): ----- mg/m³, ----- ppm

RIEPILOGO DEL METODO

Breve descrizione del metodo raccomandato, indicando il sistema di prelievo campioni e di analisi e i dati di base che forniscono una prima idea globale del metodo.

CAMPO DI APPLICAZIONE

La scala di concentrazioni, che indica i livelli di misura minimo e massimo. È espressa come un intervallo di concentrazioni (massa/volume) della sostanza chimica per metro cubo di aria, in rapporto al volume di campione raccomandato. Le concentrazioni minima e massima corrispondono al VL 0,1 e al VL 2 per il volume raccomandato.
I dati disponibili sui limiti del metodo, cioè sulle condizioni ambientali o altre circostanze capaci di restringere il campo di applicazione.
Dati sulle possibilità di applicazione del metodo ad altre sostanze chimiche.

CARATTERISTICHE TECNICHE

I dati tecnici più rilevanti per l'applicazione del metodo, suddivisi in 4 gruppi: prelievo di campioni, analisi, trasporto e stoccaggio, e dati di valutazione del metodo.

PRELIEVO DI CAMPIONI

Descrizione del sistema di cattura e delle condizioni di prelievo campioni.
Pompa di campionamento: *tipo di pompa.*
Elemento di cattura: *descrizione delle caratteristiche.*
Portata raccomandata: ---- l/min*: portata della pompa utilizzata per la validazione del metodo.*
Volume raccomandato: --- l: *volume di aria da campionare in litri.*

ANALISI

Dati sulle condizioni di preparazione del campione e sulla definizione degli strumenti.
Preparazione: *descrizione del trattamento del campione.*
Tecnica: *descrizione delle caratteristiche fondamentali della tecnica di analisi.*

TRASPORTO E STOCCAGGIO

Condizioni (temperatura, protezione dalla luce ecc.) nelle quali si devono effettuare il trasporto e lo stoccaggio dei campioni, al fine di preservarne l'integrità. Indicazione del tempo massimo che può trascorrere prima che sia effettuata l'analisi alle condizioni specificate.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

In questa sezione vengono raccolti i valori delle caratteristiche di funzionamento ottenute nel processo di validazione del metodo: precisione, deviazione e incertezza complessiva, espresse in percentuale. Nei metodi cromatografici è inclusa anche l'efficacia di desorbimento in percentuale. Quando i dati disponibili sono incompleti o è stato necessario apportare modifiche al metodo o in qualsiasi altra circostanza, le relative osservazioni sono annotate nella sezione «Altre informazioni di interesse». I dati sono diversi secondo l'organismo emettitore del metodo, pertanto è stato necessario ricalcolare alcuni valori.
Precisione: --- %
Deviazione: --- %
Incertezza complessiva: --- %

2005_1599_IT.indd 128 17-10-2006 15:03:12

NOME DELL'AGENTE CHIMICO
Nome dell'agente chimico dell'elenco dei VL della direttiva 2000/39/CE, seguito, talvolta, dal sinonimo di uso più frequente.

N. CAS: *N. di ruolo del Chemical Abstract Service*

SCHEDA N.---
Numero d'ordine nell'elenco dei VL.

Scheda di elaborazione o dell'ultimo aggiornamento.

ALTRE CARATTERISTICHE

Valutazione del grado di difficoltà e del costo economico secondo i criteri del paragrafo 2.3.

GRADO DI DIFFICOLTÀ: *applicazione semplice, applicazione complessa, applicazione molto complessa.*
Applicazione semplice quando sono soddisfatte le caratteristiche di cui al paragrafo 2.3 e di difficoltà media e applicazione complessa quando non sono soddisfatte 2 o più delle condizioni precedenti (per esempio, occorre un supporto di cattura impregnato non disponibile in commercio).
COSTO ECONOMICO: *basso, medio, alto.*
Costo valutato stimando unicamente i prezzi del mercato per le attrezzature necessarie per il prelievo di campioni e per l'analisi.

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Dati sulla possibilità di utilizzo del metodo per i VL di breve termine.
Dati esplicativi sulle caratteristiche tecniche del metodo e sulla sua applicabilità. Secondo i casi, esso può contenere alcuni o tutti i seguenti gruppi di dati:

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO

L'intervallo di concentrazioni per il quale il metodo è validato, indicante la concordanza con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2, riferito al valore limite attuale per 8 ore. I dati sulle condizioni in cui sono state effettuate le prove di validazione e in cui sono stati ottenuti la precisione, la deviazione, l'efficacia di desorbimento (quando applicabile) e lo studio dello stoccaggio dei campioni.

ADATTAMENTO DEL METODO

Descrizione della possibilità di adeguamento del volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni per il quale il metodo è stato validato. Questa sezione viene aggiunta nei casi in cui l'intervallo di concentrazioni per il quale il metodo è validato non coincide, in tutto o in parte, con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2, riferito al valore limite attuale per 8 ore.

INFORMAZIONI ADDIZIONALI E NOTE

Informazioni addizionali, avvertenze e note di interesse sull'utilizzo del metodo di misura.

RIFERIMENTI

I riferimenti bibliografici del metodo corrispondente ai dati contenuti nella scheda (metodo «raccomandato»).
[1]
[2]

ALTRI METODI

I riferimenti degli altri metodi pubblicati, siano essi equivalenti o diversi,compresi i dati rilevanti dei metodi equivalenti che possono integrare quello raccomandato, nonché le alternative di prelievo campioni e di analisi offerte dai diversi metodi.
La numerazione dei riferimenti è correlata alla sezione precedente «Riferimenti».

[3]
[4]
...

2005_1599_IT.indd 129 10-10-2006 17:55:09

Tabella A5.3 – Riepilogo dei metodi di prelievo campioni e di analisi per le sostanze della direttiva 2000/39/CE

Scheda n.	Nome dell'agente chimico	Intervallo VL 0,1-2 mg/m³	Intervallo validato mg/m³	Metodo Organismo – Riferimento	Osservazioni
1	Dietil etere	30 – 616	125 – 2 470	INSHT – MA 047/A01	
2	Acetone	121 – 2420	130 – 2 560	INSHT – MA 031/A96	
3	Cloroformio	1 – 20	5 – 113	INSHT – MA 042/A99	
4	1,1,1-tricloroetano	55 – 1 110	127 – 3 816	INSHT – MA 013/R87	
5	Etilamina	0,94 – 18,8	-- – 20	OSHA – Method 36	Non applicabile dal VL 0,1 al VL 0,5
6	1,1-dicloroetano	41,2 – 824	38 – 835	INSHT – MA 043/A99	
7	Fosgene	0,008 – 0,16	-- – 1,6	OSHA – Method 61	Non applicabile
8	Clorodifluorometano	360 – 7 200	1 780 – 6 890	NIOSH-Method 1018-1	
9	Butanone	60 – 1 200	58 – 1 150	INSHT – MA 031/A96	
10	Acido propionico	3,1 – 62	–	OSHA – IMIS 2168	Non validato
11-1 11-2	O-xilene	22,1 – 442	22 – 450 – 96 –	INSHT – MA 030/A92 OSHA – Method 1002	Metodo validato per il p-xilene (scheda n. 19)
12	1,2-diclorobenzene	12,2 – 244	12 – 225	INSHT – MA 053/A02	
13	1,2,4-trimetilbenzene	10 – 200	16 – 310	INSHT – MA 030/A92	
14	Cumene	10 – 200	120 – 479	NIOSH – Method 1501	Stoccaggio non studiato Effetto dell'umidità non studiato
15	2-fenilpropene	24,6 – 492	236 – 943	NIOSH – Method 1501	Stoccaggio non studiato Effetto dell'umidità non studiato
16-1 16-2	Etilbenzene	44,2 – 884	49 – 942 – 73 –	INSHT – MA 030/A92 OSHA – Method 1002	
17	e-Caprolactam (polvere e vapore)	1 – 20	–	OSHA – Method PV 2012	Non validato
18	Eptan-3-one	9,5 – 190	100 – 463	NIOSH – Method 1301	Stoccaggio non studiato Effetto dell'umidità non studiato
19-1 19-2	P-xilene	22,1 – 442	50 – 850 – 90 –	INSHT – MA 030/A92 OSHA – Method 1002	
20	1,4-diclorobenzene	12,2 – 244	208 – 831	NIOSH – Method 1003	Stoccaggio non studiato Effetto dell'umidità non studiato Intervallo non confermato

2005_1599_IT.indd 130 10-10-2006 17:55:09

Scheda n.	Nome dell'agente chimico	Intervallo VL 0,1-2 mg/m³	Intervallo validato mg/m³	Metodo Organismo – Riferimento	Osservazioni
21	Alcool allilico	0,48 – 9,6	1,8 – 8,4	NIOSH – Method 1402	Stoccaggio non studiato Effetto dell'umidità non studiato
22	Etilenglicole	5,2 – 104	–	OSHA – Method PV 2024	Parzialmente validato
23	1-metossipropan-2-olo	37,5 – 750	32 – 760	INSHT – MA 017/A89	
24	4-metilpentan-2-one	8,3 – 166	22 – 440	INSHT – MA 031/A96	
25 – 1 25 – 2	M -xilene	22,1 – 442	50 – 850 48 – --	INSHT – MA 030/A92 OSHA – Method 1002	Metodo validato per il p-xilene (scheda n. 19)
26	Acetato di 1-metil-2-metiossetile	27,5 – 450	2 – 50	INSHT – MA 024/A92	
27	Mesitilene (trimetilbenzeni)	10 – 200	16 – 310	INSHT – MA 030/A92	Metodo validato per il 1,2,4-trimetilbenzene (scheda n. 13)
28	Clorobenzene	4,7 – 94	4,5 – 95	INSHT – MA 042/A99	
29	Cicloesanone	4,08 – 81,6	9,8 – 188	INSHT – MA 052/A02	
30	Fenolo	0,78 – 15,6	1,8 – 43	INSHT – MA 040/A98	
31	Tetraidrofurano	15 – 300	13 – 270	INSHT – MA 049/A01	
32	5-metilesan-2-one	9,5 – 190	2,29 – --	OSHA – Method PV 2042	Parzialmente validato
33	Eptan-2-one	23,8 – 476	197 – 925	NIOSH – Method 1301	Stoccaggio non studiato Effetto dell'umidità non studiato
34	Piperazina	0,01 – 0,2	–	OSHA – IMIS P 250	Non validato
35	2-butossietanolo	9,8 – 196	– 96 –	OSHA – Method 83	
36	Acetato di 2-butossietile	13,3 – 266	5 – 300	DFG – AHSA Vol. 2	Effetto dell'umidità non studiato Mancano dati sulla deviazione e lo stoccaggio
37	Dimetil etere	192 – 3 840	190 – 3 850	INSHT – MA 047/A01	
38	1,2,4-triclorobenzene	1,51 – 30,2	0,002 – 100	NIOSH – Method 5517	Effetto dell'umidità non studiato
39	Trietilammina	0,84 – 16,8	-- – 96	OSHA – Method PV 2060	Parzialmente validato
40	Acetato di isopentile	27 – 540	24 – 550	INSHT – MA 041/A99	
41	Dimetilammina	0,38 – 7,6	7,3 – 30,6	NIOSH – Method 2010	Non applicabile

2005_1599_IT.indd 131 10-10-2006 17:55:10

Scheda n.	Nome dell'agente chimico	Intervallo VL 0,1-2 mg/m³	Intervallo validato mg/m³	Metodo Organismo – Riferimento	Osservazioni
42	N,n-dimetilacetammide	3,6 – 72	18 – 105	NIOSH – Method 2004	Effetto dell'umidità non studiato Non vi sono dati sulla deviazione
43	N-acrilato di butile	1,1 – 22	-- – 56	OSHA – Method PV 2011	Parzialmente validato
44	N-eptano	208,5 – 4 170	134 – 2 955	INSHT – MA 029/A92	
45	1,20,3-trimetilbenzene	10 – 200	15 – 310	INSHT – MA 030/A92	Metodo validato per il 1,2,4-trimetilbenzene (scheda n. 13)
46	5-metileptan-3-one	5,3 – 106	57 – 272	NIOSH – Method 1301	Effetto dell'umidità non studiato Stoccaggio non studiato
47	Acetato di 1-metilbutile	27 – 540	24 – 550	INSHT – MA 041/A99	Metodo validato per l'acetato di isopentile (scheda n. 40)
48	Acetato di pentile	27 – 540	24 – 550	INSHT – MA 041/A99	Metodo validato per l'acetato di isopentile
49	Acetato di pentile-3	27 – 540	24 – 550	INSHT – MA 041/A99	Metodo validato per l'acetato di isopentile
50	Acetato di amile,ter	27 – 540	24 – 550	INSHT – MA 041/A99	Metodo validato per l'acetato di isopentile
51	Xilene, miscela di isomeri, puro	22,1 – 442	50 – 850	INSHT – MA 030/A92	Metodo validato per il p-xilene (scheda n. 19)
52	Sulfotep	0,01 – 0,2	–	NIOSH – Method 5600	Metodo validato per altri pesticidi organofosforati
53	Fluoruro di idrogeno	0,15 – 3	(75 – 300)(*)	HSE – MDHS 35/2	Mancano le condizioni di stoccaggio
54-1 54-2	Argento, metallico	0,01 – 0,2	(1 – 4)(*) (2,2 – 10,1)(*)	OSHA – Method ID-121 OSHA – Method ID-206	
55	Cloruro di idrogeno	0,8 – 16	0,14 – 14	NIOSH – Method 7903	Volume di campionamento da confermare Non vi sono dati sulla deviazione

2005_1599_IT.indd 132 10-10-2006 17:55:10

Scheda n.	Nome dell'agente chimico	Intervallo VL 0,1-2 mg/m³	Intervallo validato mg/m³	Metodo Organismo – Riferimento	Osservazioni
56	Acido ortofosforico	0,1 – 2	(42 – 840)(*)	DFG – AHSA Vol. 6	
57	Ammoniaca, anidra	1,4 – 28	21,8 – 72,2	OSHA – Method ID-188	
58	Fluoro	0,158 – 3,16	–	OSHA – IMIS 1270	Non validato
59	Seleniuro di diidrogeno	0,007 – 0,14	–	OSHA – IMIS 1474	Non validato
60	Bromuro di idrogeno	6,7 (VL di breve termine)	2 – 20	NIOSH – Method 7903	Non applicabile a campionamenti di 15 min.
61	Azoturo di sodio	0,01 – 0,2	0,15 – 0,71	OSHA – Method ID-211	
62	(Metil-2-metossietossi) propanolo	30,8 – 616	-- – 606	OSHA – Method 101	
63	Fluoruri, inorganici	0,25 – 5	G (#): (7,5-300) (*) P (#): (36-4800) (*)	HSE – MDHS 35/2	

(*) *Gli intervalli tra parentesi sono espressi in microgrammi per campione. In questi casi, le prove di validazione sono state effettuate con campioni addizionali.*

(#) *G = Fluoruri gassosi. P = Fluoruri particellari.*

2005_1599_IT.indd 133 10-10-2006 17:55:10

Tabella A5.4 – Indice ordinato per numero di scheda e numero CAS

Scheda n.	N. CAS	Nome dell'agente chimico
1	60-29-7	Dietil etere
2	67-64-1	Acetone
3	67-66-3	Cloroformio
4	71-55-6	1,1,1- Tricloroetano
5	75-04-7	Etilamina
6	75-34-3	1,1- Dicloroetano
7	75-44-5	Fosgene
8	75-45-6	Clorodifluorometano
9	78-93-3	Butanone
10	79-09-4	Acido propionico
11	95-47-6	O-xilene
12	95-50-1	1,2- Diclorobenzene
13	95-63-6	1,2,4- Trimetilbenzene
14	98-82-8	Cumene
15	98-83-9	2- Fenilpropene
16	100-41-4	Etilbenzene
17	105-60-2	*e*- Caprolactam (polvere e vapore)
18	106-35-4	Eptan-3-one
19	106-42-3	*p*- Xilene
20	106-46-7	1,4- Diclorobenzene
21	107-18-6	Alcool allilico
22	107-21-1	Etilenglicole
23	107-98-2	1- Metossipropan-2-olo
24	108-10-1	4- Metilpentan-2-one
25	108-38-3	*m*- Xilene
26	108-65-6	Acetato di 1-metil-2-metiossetile
27	108-67-8	Mesitilene (trimetilbenzeni)
28	108-90-7	Clorobenzene
29	108-94-1	Cicloesanone
30	108-95-2	Fenolo
31	109-99-9	Tetraidrofurano
32	110-12-3	5- Metilesan-2-one
33	110-43-0	Eptan-2-one
34	110-85-0	Piperazina
35	111-76-2	2- Butossietanolo
36	112-07-2	2- Acetato di 2-butossietile
37	115-10-6	Dimetil etere
38	120-82-1	1,2,4- Triclorobenzene
39	121-44-8	Trietilammina
40	123-92-2	Acetato di isopentile

2005_1599_IT.indd 134 10-10-2006 17:55:11

Scheda n.	N. CAS	Nome dell'agente chimico
41	124-40-3	Dimetilammina
42	127-19-5	N,n-dimetilacetammide
43	141-32-2	n-Acrilato di butile
44	142-82-5	N-eptano
45	526-73-8	Trimetilbenzene
46	541-85-5	Metileptan-3-one
47	626-38-0	Acetato di 1-metilbutile
48	628-63-7	Acetato di pentile
49	620-11-1	Acetato di 3-pentile
50	625-16-1	Acetato di teramile
51	1330-20-7	Xilene, miscela di isomeri, puro
52	3689-24-5	Sulfotep
53	7664-39-3	Fluoruro di idrogeno
54	7440-22-4	Argento, metallico
55	7647-01-0	Cloruro di idrogeno
56	7664-38-2	Acido ortofosforico
57	7664-41-7	Ammoniaca, anidra
58	7782-41-4	Fluoro
59	7783-07-5	Seleniuro di diidrogeno
60	10035-10-6	Bromuro di idrogeno
61	26628-22-8	Azoturo di sodio
62	34590-94-8	(Metil-2-metossietossi)-propanolo
63	–	Fluoruri, inorganici

2005_1599_IT.indd 135 10-10-2006 17:55:11

Tabella A5.5 – Indice alfabetico

	Nome dell'agente chimico	N. CAS	Scheda n.
	Acetato di 2-butossietile	112-07-2	36
	Acetato di 1-metil-2-metiossetile	108-65-6	26
	Acetato di 1-metilbutile	626-38-0	47
	Acetato di 3-pentile	620-11-1	49
	Acetato di isopentile	123-92-2	40
	Acetato di pentile	628-63-7	48
	Acetato di teramile	625-16-1	50
	Acetone	67-64-1	2
	Acido ortofosforico	7664-38-2	56
	Acido propionico	79-09-4	10
n-	Acrilato di butile	141-32-2	43
	Alcool allilico	107-18-6	21
	Ammoniaca, anidra	7664-41-7	57
	Azoturo di sodio	26628-22-8	61
	Bromuro di idrogeno	10035-10-6	60
	Butanone	78-93-3	9
2-	Butossietanolo	111-76-2	35
e-	Caprolactam (polvere e vapore)	105-60-2	17
	Cicloesanone	108-94-1	29
	Clorobenzene	108-90-7	28
	Clorodifluorometano	75-45-6	8
	Cloroformio	67-66-3	3
	Cloruro di idrogeno	7647-01-0	55
	Cumene	98-82-8	14
1,2-	Diclorobenzene	95-50-1	12
1,4-	Diclorobenzene	106-46-7	20
1,1-	Dicloroetano	75-34-3	6
	Dietil etere	60-29-7	1
	Dimetil etere	115-10-6	37
N,N-	Dimetilacetammide	127-19-5	42
	Dimetilammina	124-40-3	41
	Etilamina	75-04-7	5
	Etilbenzene	100-41-4	16
	Etilenglicole	107-21-1	22
2-	Fenilpropene	98-83-9	15
	Fenolo	108-95-2	30
	Fluoro	7782-41-4	58
	Fluoruro di idrogeno	7664-39-3	53
	Fluoruri, inorganici	–	63

2005_1599_IT.indd 136 10-10-2006 17:55:12

	Nome dell'agente chimico	N. CAS	Scheda n.
	Fosgene	75-44-5	7
	Eptan-2-one	110-43-0	33
	Eptan-3-one	106-35-4	18
n-	Eptano	142-82-5	44
	Mesitilene (trimetilbenzeni)	108-67-8	27
5-	Metileptan-3-one	541-85-5	46
	(Metil-2-metossietossi)-propanolo	34590-94-8	62
5-	Metilesan-2-one	110-12-3	32
4-	Metilpentan-2-one	108-10-1	24
1-	Metossipropan-2-olo	107-98-2	23
	Piperazina	110-85-0	34
	Argento, metallico	7440-22-4	54
	Seleniuro di diidrogeno	7783-07-5	59
	Sulfotep	3689-24-5	52
	Tetraidrofurano	109-99-9	31
1,2,4-	Triclorobenzene	120-82-1	38
1,1,1-	Tricloroetano	71-55-6	4
	Trietilammina	121-44-8	39
1,2,3-	Trimetilbenzene	526-73-8	45
1,2,4-	Trimetilbenzene	95-63-6	13
m-	Xilene	108-38-3	25
o-	Xilene	95-47-6	11
p-	Xilene	106-42-3	19
	Xilene, miscela di isomeri, puro	1330-20-7	51

2005_1599_IT.indd 137 10-10-2006 17:55:12

2005_1599_IT.indd 138 10-10-2006 17:55:12

DIETILETERE
N. CAS: 60-29-7

SCHEDA N. 1
Ottobre 2004

VL (8 h): 308 mg/m³, 100 ppm

VL (breve termine): 616 mg/m³, 200 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 8 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il campione può essere conservato a temperatura ambiente per 14 giorni. Il dietiletere viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di dietiletere nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 30 mg/m³ a 620 mg/m³, per campioni di 8 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri eteri, come l'etere diisopropilico, l'etere metil-terbutilico [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100 mg/50 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 8 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare SE-30 o qualunque altra in grado di separare gli analiti di interesse.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano a temperatura ambiente e si analizzano entro i 14 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 100 % (CV = 1,7 %)
Precisione: 1,2 %
Deviazione: -5,2 %
Incertezza complessiva: 7,6 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,2 l/min), la quantità di dietiletere raccolta sarà di 1 850 µg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

2005_1599_IT.indd 139 10-10-2006 17:55:12

DIETILETERE **N. CAS: 60-29-7**	**SCHEDA N. 1** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 308 mg/m³, 100 ppm	**VL (breve termine): 616 mg/m³, 200 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 125 mg/m³ a 2 470 mg/m³. Questo intervallo **non** concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni di 2 l di aria, catturati a 0,2 l/min in atmosfere generate, con e senza umidità, in un intervallo di concentrazione da 125 mg/m³ a 2 470 mg/m³ di dietiletere, equivalente a 250 µg/campione e 5 000 µg/campione.

L'efficienza del desorbimento corrisponde alla media di 24 campioni nell'intervallo da 230 µg/campione a 4 200 µg/campione.

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **8 l**, a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'intervallo attuale di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] INSHT, *Determinazione di eteri I (etere dietilico; etere diisopropilico; etere metil ter-butilico) nell'aria. Metodo di assorbimento in carbone attivo/gas-cromatografia*, MTA/MA – 047/A01.

ALTRI METODI

[2] NIOSH, *Etil etere.* Method 1610 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 140 10-10-2006 17:55:13

ACETONE
N. CAS: 67-64-1

SCHEDA N. 2
Ottobre 2004

VL (8 h): 1210 mg/m³, 500 ppm

VL (breve termine):

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 1 l di aria attraverso un tubo riempito con 150/75 mg di gel di silice mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 0,05 l/min. Il campione può essere conservato refrigerato per 14 giorni. Il dietiletere viene desorbito con dimetilformamide e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di acetone nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 130 mg/m³ a 2 570 mg/m³, per campioni di 1 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri chetoni, come il metil-etil-chetone, il metil-isobutil-chetone [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di gel di silice (150mg/75mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: 0,05 l/min
Volume raccomandato: 1 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di dimetilformamide.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare SE-30 o qualunque altra in grado di separare gli analiti di interesse.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano refrigerati e si analizzano entro i 14 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 101,1 % (CV = 3,9 %)
Precisione: 2,6 %
Deviazione: -6,7 %
Incertezza complessiva: 11,9 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 130 mg/m³ a 2 560 mg/m³. Questo intervallo concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

2005_1599_IT.indd 141 10-10-2006 17:55:13

ACETONE **N. CAS: 67-64-1**	**SCHEDA N. 2** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 1210 mg/m³, 500 ppm	**VL (breve termine):**

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni di 1 l di aria, catturati a 0,05 l/min in atmosfere generate, con e senza umidità, in un intervallo di concentrazione da 130 mg/m³ a 2 560 mg/m³ di acetone, equivalente a 130 μg/campione e 2 600 μg/campione.
L'efficienza del desorbimento corrisponde alla media di 35 campioni nell'intervallo da 140 μg/campione a 5 000 μg/campione.

INFORMAZIONI ADDIZIONALI

Non si dovrebbe utilizzare carbone attivo per campionare acetone, a causa dei problemi di stabilità che ne derivano.

Come sistema di cattura alternativo, si può utilizzare il tubo adsorbente di carbosieve S-III [4].

RIFERIMENTI

[1] INSHT, *Determinazione di chetoni (acetone, meti-etil-chetone, metil-isobutil-chetone) nell'aria. Metodo di adsorbimento in gel di silice/gas-cromatografi,* MTA/MA – 031/A96.

ALTRI METODI

[2] Elskamps Carl J. e al., «*An alternate sampling and analytical method for 2- butanone*», Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 44 (3), 201 (1983).

[3] Levin, J. O. e al., «*Evaluation of solids sorbents for sampling ketones in work-room air*», Ann. Occup. Hyg., 31 (1), 31 (1987).

[4] OSHA, *Acetone*, Method 69 [*tubo di carbosieve S-III/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 142 10-10-2006 17:55:13

CLOROFORMIO (TRICLOROMETANO)
N. CAS: 67-66-3

SCHEDA N. 3
Ottobre 2004

VL (8 h): 10 mg/m³, 2 ppm

VL (breve termine):

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 60 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,2 l/min e 0,3 l/min. Il campione può essere conservato refrigerato per 14 giorni. Il cloroformio viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di cloroformio nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 1 mg/m³ a 20 mg/m³, per campioni di 60 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri idrocarburi clorurati, come il tetracloruro di carbonio, il clorobenzene [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100mg/50mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,2 l/min e 0,3 l/min
Volume raccomandato: 60 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o qualunque altra in grado di separare gli analiti di interesse.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano refrigerati e si analizzano entro i 14 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 99,2 % (CV = 3,9 %)
Precisione: 4 %
Deviazione: 4,4 %
Incertezza complessiva: 12,4 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 5 mg/m³ a 113 mg/m³. Questo intervallo **non** concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.
La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni di 15 l di aria, catturati a 0,3 l/min in atmosfere generate, con e senza umidità, in un intervallo di concentrazione da 5 mg/m³ a 113 mg/m³ di cloroformio, equivalente a 75 µg/campione e 1 700 µg/campione.
L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 34 campioni nell'intervallo da 77 µg/campione a 2 140 µg/campione.

2005_1599_IT.indd 143 10-10-2006 17:55:13

CLOROFORMIO (TRICLOROMETANO) **N. CAS: 67-66-3**	**SCHEDA N. 3** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 10 mg/m³, 2 ppm	**VL (breve termine):**

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **60 l**, a una portata compresa tra 0,2 l/min e 0,3 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] INSHT, *Determinazione di idrocarburi clorurati II (tetracloruro di carbonio, cloroformio,clorobenzene) nell'aria. Metodo di adsorbimento in carbone attivo/gas-cromatografia*, MTA/MA 042/A99.

ALTRI METODI

[2] OSHA, *Chlorofom,* Method 5 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

[3] NIOSH, *Hydrocarbons, Halogenated,* Method 1003 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 144 10-10-2006 17:55:14

1,1,1-TRICLOROETANO (Metil-cloroformio)
N. CAS: 71-55-6

SCHEDA N. 4
Ottobre 2004

VL (8 h): 555 mg/m³, 100 ppm

VL (breve termine): 1 110 mg/m³, 200 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 17 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il campione può essere conservato a temperatura ambiente per 14 giorni. L'1,1,1-tricloroetano viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di 1,1,1-tricloroetano nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 55 mg/m³ a 1 110 mg/m³, per campioni di 17 l di aria [1].
Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri idrocarburi clorurati, come il tricloroetilene, il tetracloroetilene [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100 mg/50 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 17 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare SE-30 o qualunque altra in grado di separare gli analiti di interesse.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano refrigerati e si analizzano entro i 21 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 99,2 % (CV = 2,2 %)
Precisione: 2,4 %
Deviazione: -3,4 %
Incertezza complessiva: 8,2 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,2 l/min), la quantità di 1,1,1 -tricloroetano raccolta sarà di 3 330 µg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

2005_1599_IT.indd 145 10-10-2006 17:55:14

1,1,1-TRICLOROETANO (Metil-cloroformio) **N. CAS: 71-55-6**	**SCHEDA N. 4** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 555 mg/m³, 100 ppm	**VL (breve termine): 1 110 mg/m³, 200 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 127 mg/m³ a 3 816 mg/m³. Questo intervallo **non** concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni di 5 l di aria, catturati a 0,2 l/min in atmosfere generate, con 40 % di umidità, in un intervallo di concentrazione da 127 mg/m³ a 3 816 mg/m³ di 1,1,1 -tricloroetano, equivalente a 640 µg/campione e 19 100 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 15 campioni nell'intervallo da 940 µg/campione a 19 140 µg/campione.

Inoltre, sono state condotte prove di interlaboratorio, in conformità alla norma ISO 5725.

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **17 l**, a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] INSHT, *Determinazione di idrocarburi clorurati (tricloroetilene, tetracloroetilene,1,1,1,-tricloroetano) nell'aria. Metodo di adsorbimento in carbone attivo/Gas-cromatografia,* MTA/MA 013/R87.

ALTRI METODI

[2] DFG, «1,1,1- Trichloroethane», *Analysis of hazardous substances in air*, vol. 3, pag. 165 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

[3] OSHA, *1,1,1- Trichloroethane,* Method 14 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

[4] NIOSH, *Hydrocarbons, Halogenated,* Method 1003 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 146 17-10-2006 15:03:12

ETILAMMINA
N. CAS: 75-04-7

SCHEDA N. 5
Ottobre 2004

VL (8 h): 9,4 mg/m³, 5 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 20 l di aria attraverso un tubo riempito con 80/40 mg di XAD-7 impregnato con un 10 % di NBD cloruro (7-cloro-4-nitrobenzo-2-oxa 1,3-diazolo) mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 0,2 l/min. Il campione può essere conservato a temperatura ambiente per 14 giorni. L'etilammina viene desorbita con una soluzione di tetraidrofurano contenente un 5 % di NBD cloruro e la soluzione risultante viene analizzata in un cromatografo per liquidi attrezzato con rivelatore di fluorescenza e/o visibile.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo non è applicabile nell'intervallo da VL 0,1 a VL 0,5 (vedere la sezione «altre informazioni di interesse»).

Il metodo è applicabile alla determinazione di etilammina nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 5 mg/m³ (VL 0,5) a 19 mg/m³ (VL 2), per campioni di 20 l di aria [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo di XAD-7 impregnato con un 10 % di NBD cloruro (7-cloro-4-nitrobenzo-2-oxa 1,3-diazolo)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: 0,2 l/min
Volume raccomandato: 20 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 2 ml de tetraidrofurano contenente un 5 % (p/v) di NBD cloruro, ai quali si aggiungono 25 mg di CO_3HNa. Si agita per 30 min e si riscalda per 2,5 ore in un bagno d'acqua a 60 °C. Si lascia raffreddare prima di analizzare.
Tecnica analitica: cromatografia di liquidi con rivelatore di fluorescenza e colonna Waters Radial CN o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano refrigerati, e si analizzano entro i 14 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 82,7 % (CV = 2,5 %)
Precisione: 6,8 %
Deviazione: -7,9 %
Incertezza complessiva: 21,5 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione complessa
Costo economico: elevato

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Il tubo adsorbente utilizzato non è disponibile in commercio. L'impregnazione deve essere effettuata dall'utente.

2005_1599_IT.indd 147 10-10-2006 17:55:14

ETILAMMINA **N. CAS: 75-04-7**	**SCHEDA N. 5** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 9,4 mg/m³, 5 ppm	

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per la concentrazione di 20 mg/m³ (VL 2). Questo intervallo concorda con il limite superiore dell'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore. La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni di 10 l di aria, catturati a 0,2 l/min in atmosfere generate, con l'80 % di umidità, e a una concentrazione di 20 mg/m³, equivalente a 200 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 18 campioni nell'intervallo da 92 µg/campione a 370 µg/campione.

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo da 92 µg/campione a 370 µg/campione nel quale il metodo è stato studiato.

A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **100 l**, per concentrazioni nell'aria comprese tra VL 0,1 (0,9 mg/m³) e VL 0,5 (4,7 mg/m³), e **20 l** per concentrazioni nell'aria comprese tra VL 0,5 (4,7 mg/m³) e VL 2 (19 mg/m³), a una portata di 0,2 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consentirebbe di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'intervallo di concentrazioni da VL 0,5 a VL 2.

NOTA

Trattandosi di un sistema di cattura che comprende un processo di derivatizzazione, qualsiasi modifica al metodo dovrebbe essere verificata.

RIFERIMENTI

[1] OSHA, *Ethylamine,* Method 36.

2005_1599_IT.indd 148 10-10-2006 17:55:15

1,1-DICLOROETANO
N. CAS: 75-34-3

SCHEDA N. 6
Ottobre 2004

VL (8 h): 412 mg/m³, 100 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 4 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il campione può essere conservato a temperatura ambiente per 14 giorni. L'1,1,-dicloroetano viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di 1,1-dicloroetano nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 38 mg/m³ a 835 mg/m³, per campioni di 4 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri idrocarburi clorurati, come il 1,2-dicloroetano, il 1,2-dicloropropano [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100mg/50mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 4 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano a temperatura ambiente e si analizzano entro i 14 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 100,1 % (CV = 0,9 %)
Precisione: 1,7 %
Deviazione: - 7,9 %
Incertezza complessiva: 11,3 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 38 mg/m³ a 835 mg/m³. Questo intervallo concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni di 4 l di aria, catturati a 0,1 l/min in atmosfere generate, con e senza umidità, in un intervallo di concentrazione da 38 mg/m³ a 835 mg/m³ di 1,1 dicloroetano, equivalente a 150 µg/campione e 3 340 µg/campione.

2005_1599_IT.indd 149 10-10-2006 17:55:15

1,1-DICLOROETANO **N. CAS: 75-34-3**	**SCHEDA N. 6** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 412 mg/m³, 100 ppm	

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 22 campioni nell'intervallo da 120 µg/campione a 3 000 µg/campione.

RIFERIMENTI

[1] INSHT, *Determinazione di idrocarburi clorurati III nell'aria. Metodo di adsorbimento in carbone attivo/Gas-cromatografia*, MTA/MA 043/A99.

ALTRI METODI

[2] NIOSH, *Hydrocarbons, Halogenated*, Method 1003 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 150 10-10-2006 17:55:15

FOSGENE (Cloruro di carbonile)
N. CAS: 75-44-5

SCHEDA N. 7
Ottobre 2004

VL (8 h): 0,08 mg/m³, 0,02 ppm

VL (breve termine): 0,4 mg/m³, 0,1 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 240 l di aria attraverso un tubo riempito con 150/75 mg di XAD-2 impregnato con 2-HMP [2-(idrossimetil) piperidina], mediante una pompa di campionamento a una portata di 1 l/min. Il campione può essere conservato a temperatura ambiente per 14 giorni. Il fosgene viene desorbito con toluene e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore selettivo di azoto-fosforo.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo non è applicabile nell'intervallo da VL 0,1 a VL 2 (vedere la sezione «altre informazioni di interesse»).

Il metodo è applicabile alla determinazione di fosgene nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 0,2 mg/m³ (VL 2,5) a 0,8 mg/m³ (VL 10), per campioni di 240 l di aria [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo di XAD-2 impregnato con 2-HMP [2-(idrossimetil) piperidina]
Pompa di campionamento: personale polivalente
Portata raccomandata: 1 l/min
Volume raccomandato: 240 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di toluene.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore azoto-fosforo e colonna di vetro di 10 % con UCON 50-HB-5100 con 2 % KOH o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano a temperatura ambiente e si analizzano entro i 19 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 94,9 % (CV = 2,0 %)
Precisione: 3,2 %
Deviazione: 2,8 %
Incertezza complessiva: 9,2 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione complessa
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Non è verificata l'applicabilità del metodo per effettuare misurazioni da confrontare con il valore limite di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (1 l/min), la quantità di fosgene raccolta sarà di 6 μg/campione, quantità non compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

Si raccomanda di conservare i campioni per 16 ore a temperatura ambiente, prima dell'analisi.

2005_1599_IT.indd 151 10-10-2006 17:55:15

FOSGENE (Cloruro di carbonile) **N. CAS: 75-44-5**	**SCHEDA N. 7** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 0,08 mg/m³, 0,02 ppm	**VL (breve termine): 0,4 mg/m³, 0,1 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per la concentrazione di 1,6 mg/m³ (VL 20). Questo valore **non** è incluso nell'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore. La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni di 60 l di aria, catturati a 1 l/min in atmosfere generate, con il 61 % di umidità, e a una concentrazione di 1,6 mg/m³, equivalente a 96 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 18 campioni nell'intervallo da 53 µg/campione a 196 µg/campione.

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

La forma più appropriata consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta rientri nell'intervallo da 53 µg/campione a 196 µg/campione nel quale il metodo è stato studiato. A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **6 600 l**, per concentrazioni nell'aria comprese tra il VL 0,1 (53 µg/campione) e il VL 0,4 (211µg/campione), e 1 300 l per concentrazioni nell'aria comprese tra il VL 0,5 (52 µg/campione) e il VL 2 (208 µg/campione) a una portata di 1 l/min, il che ne rende impossibile l'applicazione.

Pertanto **non** è possibile associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'intervallo di concentrazioni attuali di interesse.

NOTA

Trattandosi di un sistema di cattura che comprende un processo di derivatizzazione, qualsiasi modifica al metodo dovrebbe essere verificata, poiché è dimostrato che esiste un'influenza sulla capacità di cattura del campionatore con l'umidità, tipo di campionatore e portata.

RIFERIMENTI

[1] OSHA, *Phosgene,* Method 61.

ALTRI METODI

[1] Hendershott, James P., *The simultaneous determination of chloroformates and phosgene at low concentrations in air using a solid sorbent sampling-gas chromatographic procedure*, Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 47(12):742-746 (1986).

2005_1599_IT.indd 152 10-10-2006 17:55:15

CLORODIFLUOROMETANO (Freon 22)
N. CAS: 75-45-6

SCHEDA N. 8
Ottobre 2004

VL (8 h): 3 600 mg/m³, 1 000 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare un volume di aria attraverso un complesso di due tubi riempiti con (400/200 mg) e (100/50 mg) di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa di 0,025 l/min. Il campione deve essere immediatamente refrigerato. Il clorodifuorometano viene desorbito con cloruro di metilene e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di clorodifluorometano nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 360 mg/m³ a 7 200 mg/m³, per campioni di 5 l e 1 l di aria [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: due tubi di carbone attivo (400/200 mg) e (100/50 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: 0, 025 l/min
Volume raccomandato: 5 l e 1 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 20 ml di cloruro di metilene.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare DB-1 o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

Una volta terminato il campionamento, i campioni devono essere immediatamente refrigerati e devono essere analizzati entro i 15 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 96,5 % (CV = 5,5 %)
Precisione: 5,5 %
Deviazione: 1,2 %
Incertezza complessiva: 12,2 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1] e [2]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 1 780 mg/m³ a 6 970 mg/m³. Questo intervallo **non** concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

La precisione e la deviazione del metodo corrispondono a campioni generati con una umidità relativa dell'80 % e in un intervallo di concentrazione da 1 780 mg/m³ a 6 970 mg/m³.

L'efficienza di desorbimento corrisponde a campioni compresi nell'intervallo da 530 µg/campione a 10 400 µg/campione.

2005_1599_IT.indd 153 10-10-2006 17:55:16

CLORODIFLUOROMETANO (Freon 22) **N. CAS: 75-45-6**	**SCHEDA N. 8** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 3 600 mg/m³, 1 000 ppm	

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **5 l**, per concentrazioni comprese tra VL 0,1 (360 mg/m³) e VL 0,5 (1 800 mg/m³), e **1 l** per concentrazioni comprese tra VL 0,5 (1 800 mg/m³) e VL 2 (7 200 mg/m³), a una portata di 0,025 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] NIOSH, *Chlorodifluoromethane,* Method 1018-1.

[2] SEYMOUR, M.J., *Evaluation of sampling and analytical methods for the determination of chlorodifluoromethane in air*, Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 54 253-259 (1993).

2005_1599_IT.indd 154 10-10-2006 17:55:16

2-BUTANONE (Metiletil-chetone)
N. CAS: 78-93-3

SCHEDA N. 9
Ottobre 2004

VL (8 h): 600 mg/m³, 200 ppm

VL (breve termine): 900 mg/m³, 300 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 1 l di aria attraverso un tubo riempito con 150/75 mg di gel di silice mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 0,05 l/min. Il campione può essere conservato refrigerato per 14 giorni. Il 2-butanone viene desorbito con dimetilformamide e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di 2-butanone nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 58 mg/m³ a 1 150 mg/m³, per campioni di 1 l di aria.

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri chetoni, come l'acetone, il metil-isobutil-chetone [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di gel di silice (150mg/75mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: 0, 05 l/min
Volume raccomandato: 1 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di dimetilformamide.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare SE-30 o qualunque altra in grado di separare gli analiti di interesse.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano refrigerati e si analizzano entro i 14 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 101,8 % (CV = 3,6 %)
Precisione: 3,3 %
Deviazione: -5,1 %
Incertezza complessiva: 11,7 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,05 l/min), la quantità di 2-butanone raccolta sarà di 675 µg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1] e [2]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 58 mg/m³ a 1 150 mg/m³. Questo intervallo concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

2005_1599_IT.indd 155 10-10-2006 17:55:16

2-BUTANONE (Metiletil-chetone) **N. CAS: 78-93-3**	**SCHEDA N. 9** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 600 mg/m³, 200 ppm	**VL (breve termine): 900 mg/m³, 300 ppm**

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni di 1 l di aria, catturati a 0,05 l/min in atmosfere generate, con e senza umidità, in un intervallo di concentrazione da 58 mg/m³ a 1 150 mg/m³ di 2-butanone, equivalente a 58 μg/campione e 1 150 μg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 35 campioni nell'intervallo da 63 μg/campione a 2 000 μg/campione.

INFORMAZIONI ADDIZIONALI

Non si deve utilizzare carbone attivo per campionare il 2-butanone, a causa dei problemi di stabilità che ne derivano [2] [3].

Come sistema di cattura alternativo, si può utilizzare il tubo adsorbente di Carbosieve S-III [5], Anasorb 747 [6] o Anasorb CMS [7].

RIFERIMENTI

[1] INSHT, *Determinazione di chetoni (acetone, meti- etil-chetone, metil-isobutil-chetone) nell'aria. Metodo di adsorbimento in gel di silice/gas-cromatografia,* MTA/MA – 031/A96.

ALTRI METODI

[2] Elskamps, Carl J. e al., *An alternate sampling and analytical method for 2-butanone*, Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 44 (3), 201 (1983).

[3] Levin, J. O. e al., *Evaluation of solids sorbents for sampling ketones in work-room air*, Ann. Occup. Hyg., 31 (1), 31 (1987).

[4] OSHA, *2-butanone,* Method 16 [*tubo di gel di silice/gas-cromatografia (FID)*].

[5] OSHA, *2-butanone,* Method 84 [*tubo di carbosieve S-III/gas-cromatografia (FID)*].

[6] NIOSH, *Methyl Ethyl Ketone,* Method 2500 [*tubo di anasorb 747/gas-cromatografia (FID)*]

[7] OSHA. *2- Butanone* Method 1004 [*tubo di anasorb CMS/gas-cromatografia (FID)*]

[8] INRS. *Cetones I.* Ficha 020 [*tubo di carboxen 1000/gas-cromatografia (FID)*]

2005_1599_IT.indd 156 10-10-2006 17:55:16

ACIDO PROPIONICO
N. CAS:79-09-4

SCHEDA N. 10
Ottobre 2004

VL (8 h): 31 mg/m³, 10 ppm

VL (breve termine): 62 mg/m³, 20 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 18 l di aria attraverso un tubo riempito con gel di silice (520/260 maglie) mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 0,2 l/min. L'acido propionico viene desorbito con una soluzione di acetone-acqua (1:1) e viene analizzato in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma o per cromatografia ionica con rivelatore di conduttività.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Non determinato.

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo di gel di silice (520/260 maglie)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: 0, 2 l/min
Volume raccomandato: 18 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con una soluzione di acetone-acqua (1:1).
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma o cromatografia ionica con rivelatore di conduttività.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

Non studiato

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: non si dispone di dati
Precisione: non si dispone di dati
Deviazione: non si dispone di dati
Incertezza complessiva: non si dispone di dati

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

RIFERIMENTI

[1] OSHA, *Chemical Sampling Information Propionic Acid*, IMIS: 2168.

2005_1599_IT.indd 157 10-10-2006 17:55:17

2005_1599_IT.indd 158 10-10-2006 17:55:17

O-XILENE
N. CAS: 95-47-6

SCHEDA N. 11-1
Ottobre 2004

VL (8 h): 221 mg/m³, 50 ppm

VL (breve termine): 442 mg/m³, 100 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 10 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il campione può essere conservato refrigerato per 21 giorni. L'o-xilene viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di o-xilene nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 22 mg/m³ a 450 mg/m³, per campioni di 10 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri idrocarburi aromatici, come il p-xilene, l'etilbenzene ecc. [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100mg/50mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 10 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o qualunque altra in grado di separare gli analiti di interesse.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano refrigerati, e si analizzano entro i 21 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 98,5 %(CV = 1 %)
Precisione: 1,3 %
Deviazione: - 7,6 %
Incertezza complessiva: 10,2 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,2 l/min), la quantità di o-xilene raccolta sarà di 1 326 µg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

2005_1599_IT.indd 159 10-10-2006 17:55:17

O-XILENE **N. CAS: 95-47-6**	**SCHEDA N. 11-1** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 221 mg/m³, 50 ppm	**VL (breve termine): 442 mg/m³, 100 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

I dati, sia dell'efficienza di desorbimento sia della precisione, deviazione e incertezza complessiva, corrispondono a quelli ottenuti per il p-xilene all'atto della validazione dello stesso. Poiché l'o-xilene, l'm-xilene e il p-xilene hanno lo stesso valore limite e si presuppone un comportamento simile nella cattura in carbone attivo e nel successivo desorbimento con solfuro di carbonio, si assumono per i tre xileni gli stessi dati di validazione.

RIFERIMENTI

[1] INSHT, *Determinazione di idrocarburi aromatici (benzene, toluene, etilbenzene, p-xilene, 1,2,4-trimetilbenzene) nell'aria. Metodo di adsorbimento in carbone attivo/gas-cromatografia,* MTA/MA – 030/A92

ALTRI METODI

[2] OSHA, *Xileni (o-,m-,p-xilene), Ethylbenzene,* Method 1002 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 160 10-10-2006 17:55:17

O-XILENE
N. CAS: 95-47-6

SCHEDA N. 11-2
Ottobre 2004

VL (8 h): 221 mg/m³, 50 ppm

VL (breve termine): 442 mg/m³, 100 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto con campionatore passivo contenente 500 mg di anasorb 747. Il campione può essere conservato a temperatura ambiente per 16 giorni. L'o-xilene viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di o-xilene nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 22 mg/m³ a 450 mg/m³, per campioni catturati per diffusione a una velocità di cattura di 14,24 ml/min per 240 minuti.

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri idrocarburi aromatici, come l'm-xilene, il p-xilene, l'etilbenzene e lo xilene (miscela di isomeri) [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: campionatore passivo contenente 500 mg di anasorb 747
Velocità di cattura: 14,24 ml/min
Tempo di campionamento: 240 min

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 2 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare DB Wax o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano a temperatura ambiente e si analizzano entro i 21 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 89,4 % (CV = 3,2 %)
Precisione: 0,3 %
Deviazione: -3,5 %
Incertezza complessiva: 4,1 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo **non** può essere utilizzato per effettuare misurazioni da confrontare con il valore limite di breve termine.

2005_1599_IT.indd 161 10-10-2006 17:55:17

O-XILENE **N. CAS: 95-47-6**	**SCHEDA N. 11-2** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 221 mg/m³, 50 ppm	**VL (breve termine): 442 mg/m³, 100 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per la concentrazione di 96 mg/m³ (VL 0,4). Questo valore è incluso nell'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

I dati di precisione e deviazione annotati nella scheda corrispondono a 3 campioni di 3,42 l, catturati in un'atmosfera generata, con un'umidità relativa dell'83 %, e a una concentrazione di 96 mg/m³, equivalente a 330 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde al valore medio di 35 campioni corrispondenti a 1,075 µg/campione, 73 µg/campione, 146 µg/campione, 292 µg/campione, 728 µg/campione, 1 456 µg/campione e 2 913 µg/campione.

Il dato della velocità di cattura indicata è valido soltanto per il campionatore passivo a diffusione utilizzato nella validazione (SKC 575-002).

RIFERIMENTI

[1] OSHA, *Xileni (o-, m-, p-xilene), Ethylbenzene,* Method 1002 [*campionatore passivo anasorb 747/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 162 10-10-2006 17:55:17

1,2-DICLOROBENZENE
N. CAS: 95-50-1

SCHEDA N. 12
Ottobre 2004

VL (8 h): 122 mg/m³, 20 ppm

VL (breve termine): 306 mg/m³, 50 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 20 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 0,2 l/min. Il campione può essere conservato a temperatura ambiente per 14 giorni. L'1,2-diclorobenzene viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di 1,2-diclorobenzene nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 12 mg/m³ a 230 mg/m³, per campioni di 20 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di un altro idrocarburo aromatico clorurato, come il cloruro di benzile [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100mg/50mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 20 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare SE-30 o qualunque altra in grado di separare gli analiti di interesse.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano a temperatura ambiente e si analizzano entro i 14 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 89,8 % (CV = 2,3 %)
Precisione: 2,7 %
Deviazione: -4,7 %
Incertezza complessiva: 10,1 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,2 l/min), la quantità di o-xilene raccolta sarà di 918 µg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

2005_1599_IT.indd 163 10-10-2006 17:55:18

1,2-DICLOROBENZENE **N. CAS: 95-50-1**	**SCHEDA N. 12** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 122 mg/m³, 20 ppm	**VL (breve termine): 306 mg/m³, 50 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 12 mg/m³ a 225 mg/m³. Questo intervallo concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni di 20 l di aria, catturati a 0,1 l/min in atmosfere generate, con e senza umidità, in un intervallo di concentrazione da 12 mg/m³ a 225 mg/m³ di 1,2 diclorobenzene, equivalente a 240 µg/campione e 4 500 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 24 campioni nell'intervallo da 250 µg/campione a 4 800 µg/campione.

RIFERIMENTI

[1] INSHT, *Determinazione di idrocarburi clorurati aromatici (1,2-diclorobenzene, cloruro di benzile) nell'aria. Metodo di adsorbimento in carbone attivo/gas-cromatografia,* MTA/MA – 053/A02.

ALTRI METODI

[2] NIOSH, *Hydrocarbons, Halogenated,* Method 1003 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 164 10-10-2006 17:55:18

1,2,4-TRIMETILBENZENE
N. CAS: 95-63-6

SCHEDA N. 13
Ottobre 2004

VL (8 h): 100 mg/m³, 20 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 8 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il campione può essere conservato refrigerato per 21 giorni. L'1,2,4-trimetilbenzene viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di 1,2,4-trimetilbenzene nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 10 mg/m³ a 200 mg/m³, per campioni di 8 l di aria.

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri idrocarburi aromatici, come il benzene, il toluene, l'etilbenzene e il p-xilene [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100 mg/50 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 8 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

Massimo di 21 giorni a 4 °C.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 96,8 % (CV = 1 %)
Precisione: 3,1 %
Deviazione: - 7,5 %
Incertezza complessiva: 13,7 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 16 mg/m³ a 310 mg/m³. Questo intervallo **non** concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore attuale per 8 ore.

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni di 5 l di aria, prelevati da atmosfere generate, con e senza umidità, in un intervallo di concentrazione da 16 mg/m³ a 310 mg/m³ di 1,2,4-trimetilbenzene, equivalente a 80 µg/campione e 1 550 µg/campione.

2005_1599_IT.indd 165 10-10-2006 17:55:18

1,2,4-TRIMETILBENZENE **N. CAS: 95-63-6**	**SCHEDA N. 13** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 100 mg/m³, 20 ppm	

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 15 campioni nell'intervallo da 90 μg/campione a 1 500 μg/campione.

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **8 l**, a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] INSHT, *Determinazione di idrocarburi aromatici (benzene, toluene, etilbenzene, p-xilene, 1,2,4-trimetilbenzene) nell'aria. Metodo di adsorbimento in carbone attivo/gas-cromatografia,* MTA/MA – 030/A92.

2005_1599_IT.indd 166 10-10-2006 17:55:18

CUMENE (Isopropilbenzene)
N. CAS: 98-82-8

SCHEDA N. 14
Ottobre 2004

VL (8 h): 100 mg/m³, 20 ppm

VL (breve termine): 250 mg/m³, 50 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare un volume di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il cumene viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di cumene nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 10 mg/m³ a 200 mg/m³, per campioni compresi tra 80 l di aria e 14 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri idrocarburi aromatici, come il benzene, il toluene, l'etilbenzene, lo xilene, il naftalene, l'α-metilestirene, l'estirene ecc. [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100mg / 50mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: tra 80 l e 14 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

Non studiato

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 103,2 % (CV = 2,2 %)
Precisione: 4,2 %
Deviazione: 3,5 %
Incertezza complessiva: 11,9 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,2 l/min), la quantità di cumene raccolta sarà di 750 µg/campione, quantità non compresa, ma prossima all'intervallo di applicazione del metodo.

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1] e [2]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 120 mg/m³ a 479 mg/m³. Questo intervallo non concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

2005_1599_IT.indd 167 10-10-2006 17:55:19

CUMENE (Isopropilbenzene) **N. CAS: 98-82-8**	**SCHEDA N. 14** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 100 mg/m³, 20 ppm	**VL (breve termine): 250 mg/m³, 50 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1] e [2]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 120 mg/m³ a 479 mg/m³. Questo intervallo non concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni prelevati da atmosfere generate senza umidità e a una concentrazione compresa tra 120 mg/m³ e 479 mg/m³ di cumene, per campioni di 7 l di aria, equivalente a 840 µg/campione e 3 353 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 18 campioni nell'intervallo da 860 µg/campione a 3 460 µg/campione.

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **80 l**, per concentrazioni comprese tra VL 0,1 (10 mg/m³) e VL 0,5 (20 mg/m³), e **14 l** per concentrazioni comprese tra VL 0,5 (50 mg/m³) e VL 2 (200 mg/m³), a una portata tra 0,1 e 0,2 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] NIOSH, *Hydrocarbons, Aromatics*, Method 1501.

[2] Documentation of the NIOSH Validation Tests, S. 23, DHEW (NIOSH) Publication n. 77-185.

2005_1599_IT.indd 168 10-10-2006 17:55:19

2- FENILPROPENE (α-Metilestirene)
N. CAS: 98-83-9

SCHEDA N. 15
Ottobre 2004

VL (8 h): 246 mg/m³, 50 ppm

VL (breve termine): 492 mg/m³, 100 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare un volume di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il 2-fenilpropene viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di 2-fenilpropene nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 25 mg/m³ a 500 mg/m³, per campioni compresi tra 25 l di aria e 6 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri idrocarburi aromatici, come il benzene, il toluene, l'etilbenzene, lo xilene, il naftalene, il cumene, l'estirene ecc. [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100mg/50mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 25 l e 6 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

Non studiato

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 91,7 % (CV = 1,5 %)
Precisione: 4,8 %
Deviazione: -10,8 %
Incertezza complessiva: 20,4 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,2 l/min), la quantità di 2-fenilpropene raccolta sarà di 1 476 µg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1] e [2].

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 236 mg/m³ a 943 mg/m³. Questo intervallo **non** concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

2005_1599_IT.indd 169 10-10-2006 17:55:19

2- FENILPROPENE (α-Metilestirene) **N. CAS: 98-83-9**	**SCHEDA N. 15** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 246 mg/m³, 50 ppm	**VL (breve termine): 492 mg/m³, 100 ppm**

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni prelevati da atmosfere generate senza umidità e a una concentrazione compresa tra 236 mg/m³ e 943 mg/m³ di 2-fenilpropene, per campioni di 3 l di aria, equivalente a 700 µg/campione e 2 830 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 18 campioni nell'intervallo da 687 µg/campione a 3 570 µg/campione.

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **25 l**, per concentrazioni comprese tra VL 0,1 (25 mg/m³) e VL 0,5 (123 mg/m³), e **6 l** per concentrazioni comprese tra VL 0,5 (123 mg/m³) e VL 2 (492 mg/m³), a una portata tra 0,1 e 0,2 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] NIOSH, *Hydrocarbons, Aromatics*, Method 1501.

[2] Documentation of the NIOSH Validation Tests, S. 2, DHEW (NIOSH) Publication n. 77-185.

2005_1599_IT.indd 170 10-10-2006 17:55:19

ETILBENZENE
N. CAS: 100-41-4

SCHEDA N. 16-1
Ottobre 2004

VL (8 h): 442 mg/m³, 100 ppm

VL (breve termine): 884 mg/m³, 200 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 5 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il campione può essere conservato refrigerato per 21 giorni. L'etilbenzene viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di etilbenzene nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 50 mg/m³ a 950 mg/m³, per campioni di 5 l di aria.

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri idrocarburi aromatici, come il p-xilene, il benzene, il toluene e l'1,2,4-trimetilbenzene [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100mg/50mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 5 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano refrigerati, e si analizzano entro i 21 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 100 % (CV = 1,1 %)
Precisione: 1,9 %
Deviazione: - 4,9 %
Incertezza complessiva: 8,7 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,2 l/min), la quantità di etilbenzene raccolta sarà di 2 650 µg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

2005_1599_IT.indd 171 10-10-2006 17:55:19

ETILBENZENE **N. CAS: 100-41-4**	**SCHEDA N. 16-1** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 442 mg/m³, 100 ppm	**VL (breve termine): 884 mg/m³, 200 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 49 mg/m³ a 942 mg/m³. Questo intervallo concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni di 5 l di aria, prelevati da atmosfere generate, con e senza umidità, in un intervallo di concentrazione da 49 mg/m³ a 942 mg/m³ di etilbenzene, equivalente a 245 μg/campione e 4 700 μg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 15 campioni nell'intervallo da 257 μg/campione a 4 000 μg/campione.

RIFERIMENTI

[1] INSHT, *Determinazione di idrocarburi aromatici (benzene, toluene, etilbenzene, p-xilene, 1,2,4-trimetilbenzene) nell'aria. Metodo di adsorbimento in carbone attivo/gas-cromatografia*, MTA/MA – 030/A92.

ALTRI METODI

[2] NIOSH, *Hydrocarbons, Aromatics*, Method 1501 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

[3] OSHA, *Xileni (o-,m-,p-xilene),Ethylbenzene*, Method 1002 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 172 10-10-2006 17:55:20

ETILBENZENE
N. CAS: 100-41-4

SCHEDA N. 16-2
Ottobre 2004

VL (8 h): 442 mg/m³, 100 ppm

VL (breve termine): 884 mg/m³, 200 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto con campionatore passivo a diffusione, contenente 500 mg di anasorb 747. Il campione può essere conservato a temperatura ambiente per 16 giorni. L'etilbenzene viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di etilbenzene nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 45 mg/m³ a 890 mg/m³, per campioni catturati per diffusione in un campionatore passivo a una velocità di campionamento di 13,83 ml/min per 240 minuti [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri idrocarburi aromatici, come l'm-xilene, il p-xilene, l'o-xilene e lo xilene (miscela di isomeri) [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: campionatore passivo contenente 500 mg di anasorb 747
Velocità di cattura: 13,83 ml/min
Tempo di campionamento: 240 min

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 2 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare DB Wax o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano a temperatura ambiente e si analizzano entro i 21 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 99,1 % (CV = 2,8 %)
Precisione: 0,4 %
Deviazione: -2,2 %
Incertezza complessiva: 3 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo **non** può essere utilizzato per effettuare misurazioni da confrontare con il valore limite di breve termine.

2005_1599_IT.indd 173 10-10-2006 17:55:20

ETILBENZENE **N. CAS: 100-41-4**	**SCHEDA N. 16-2** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 442 mg/m³, 100 ppm	**VL (breve termine): 884 mg/m³, 200 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per la concentrazione di 73 mg/m³ (VL 0,16). Questo valore è incluso nell'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore. I dati di precisione e deviazione annotati nella scheda corrispondono a 3 campioni di 3,32 l, catturati in un'atmosfera generata, con un'umidità relativa dell'83 %, e a una concentrazione di 73 mg/m³, equivalente a 240 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde al valore medio di 35 campioni corrispondenti a 1,06 µg/campione, 74 µg/campione, 147 µg/campione, 294 µg/campione, 736 µg/campione, 1 471 µg/campione e 2 942 µg/campione.

Il dato della velocità di cattura indicata, è valido soltanto per il campionatore passivo a diffusione utilizzato nella validazione (SKC 575-002).

RIFERIMENTI

[1] OSHA, *Xileni (o-,m-,p-xilene), Ethylbenzene,* Method 1002 [*campionatore passivo anasorb 747/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 174 10-10-2006 17:55:20

CAPROLACTAM (polvere e vapore)
N. CAS: 105-60-2

SCHEDA N. 17
Ottobre 2004

VL (8 h): 10 mg/m³

VL (breve termine): 40 mg/m³

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 100 l di aria attraverso un campionatore OVS-7 contenente un filtro in fibra di vetro e due sezioni con 270/140 mg di XAD-7, mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 1 l/min. Il caprolactam viene desorbito separatamente sia dal filtro sia da entrambe le sezioni di adsorbente e le soluzioni risultanti vengono analizzate in un cromatografo per liquidi attrezzato con rivelatore ad ultravioletti.

CAMPO DI APPLICAZIONE

L'applicabilità del metodo non è confermata [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: campionatore OVS-7, contenente un filtro in fibra di vetro e due sezioni con 270/140 mg di XAD-7.
Pompa di campionamento: personale polivalente
Portata raccomandata: 1 l/min
Volume raccomandato: 100 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento di ogni componente del tubo separatamente con 4 ml di metanolo per 1 ora.
Tecnica analitica: cromatografia di liquidi con rivelatore ad ultravioletti e colonna di 0,25 m LC-DB18 o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

Non studiato

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: non si dispone di dati
Precisione: non si dispone di dati
Deviazione: non si dispone di dati
Incertezza complessiva: –

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione complessa
Costo economico: elevato

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo è classificato come parzialmente validato dall'OSHA.
I dati apportati in questo metodo non sono né sufficienti né concludenti per effettuare la valutazione dello stesso.

RIFERIMENTI

[1] OSHA, *Caprolactam*, Method PV-2012.

[2] OSHA, *Chemical Sampling Information Caprolactam (vapor)*, IMIS: 0524.

[3] OSHA, *Chemical Sampling Information Caprolactam (dust)*, IMIS: 0523.

2005_1599_IT.indd 175 10-10-2006 17:55:20

2005_1599_IT.indd 176 10-10-2006 17:55:20

3-EPTANONE (Etilbutil-chetone)
N. CAS: 106-35-4

SCHEDA N. 18
Ottobre 2004

VL (8 h): 95 mg/m³, 20 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare un volume di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il 3-eptanone viene desorbito con solfuro di carbonio contenente l'1 % di metanolo e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di 3-eptanone nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 9,5 mg/m³ a 190 mg/m³, per campioni compresi tra 100 l di aria e 26 l di aria [1].
Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri chetoni, come il metil-amil-chetone, l'ossido di mesitile ecc. [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100/50 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: tra 100 l e 26 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio contenente l'1 % di metanolo.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

Non studiato

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 94 % (CV = 2,2 %)
Precisione: 12,5 %
Deviazione: -3,1 %
Incertezza complessiva: 28,1 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1] e [2]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 100 mg/m³ a 463 mg/m³. Questo intervallo **non** concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni catturati in atmosfere generate senza umidità e a una concentrazione compresa tra 100 mg/m³ e 463 mg/m³ di 3-eptanone, per campioni di 10 l di aria, equivalente a 1 000 µg/campione e 4 630 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 18 campioni nell'intervallo da 1 150 µg/campione a 4 600 µg/campione.

2005_1599_IT.indd 177 10-10-2006 17:55:21

3-EPTANONE (Etilbutil-chetone) **N. CAS: 106-35-4**	**SCHEDA N. 18** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 95 mg/m³, 20 ppm	

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **100 l**, per concentrazioni comprese tra VL 0,1 (9,5 mg/m³) e VL 0,5 (47 mg/m³), e **26 l** per concentrazioni comprese tra VL 0,5 (47 mg/m³) e VL 2 (190 mg/m³), a una portata tra 0,1 e 0,2 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] NIOSH, *Ketones II,* Method 1301.

[2] Documentation of the NIOSH Validation Tests, S. 16, DHEW (NIOSH) Publication n. 77-185.

2005_1599_IT.indd 178 10-10-2006 17:55:21

P-XILENE
N. CAS: 106-42-3

SCHEDA N. 19-1
Ottobre 2004

VL (8 h): 221 mg/m³, 50 ppm

VL (breve termine): 442 mg/m³, 100 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 10 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il campione può essere conservato refrigerato per 21 giorni. Il p-xilene viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di p-xilene nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 22 mg/m³ a 450 mg/m³, per campioni di 10 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri idrocarburi aromatici, come l'etilbenzene, il benzene, il toluene e l'1,2,4-trimetilbenzene [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100mg/50mg).
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 10 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano refrigerati, e si analizzano entro i 21 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 98,5 % (CV = 1 %)
Precisione: 1,3 %
Deviazione: - 7,6 %
Incertezza complessiva: 10,2 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine. Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,2 l/min), la quantità di p-xilene raccolta sarà di 1 326 µg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 50 mg/m³ a 850 mg/m³. Questo intervallo non concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

2005_1599_IT.indd 179 10-10-2006 17:55:21

P-XILENE **N. CAS: 106-42-3**	**SCHEDA N. 19-1** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 221 mg/m³, 50 ppm	**VL (breve termine): 442 mg/m³, 100 ppm**

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni di 5 l di aria, prelevati da atmosfere generate, con e senza umidità, in un intervallo di concentrazione da 50 mg/m³ a 850 mg/m³ di p-xilene, equivalente a 250 µg/campione e 4 250 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 20 campioni nell'intervallo da 257 µg/campione a 4 040 µg/campione.

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **10 l**, a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] INSHT, *Determinazione di idrocarburi aromatici (benzene, toluene, etilbenzene, p-xilene, 1,2,4-trimetilbenzene) nell'aria. Metodo di adsorbimento in carbone attivo/gas-cromatografia,* MTA/MA – 030/A92.

ALTRI METODI

[2] NIOSH, *Hydrocarbons, Aromatics*, Method 1501 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

[3] OSHA, *Xileni (o-,m-,p-xilene), Ethylbenzene,* Method 1002 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 180 10-10-2006 17:55:21

P-XILENE
N. CAS: 106-42-3

SCHEDA N. 19-2
Ottobre 2004

VL (8 h): 221 mg/m³, 50 ppm

VL (breve termine): 442 mg/m³, 100 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto con campionatore passivo a diffusione, contenente 500 mg di anasorb 747. Il campione può essere conservato a temperatura ambiente per 16 giorni. Il p-xilene viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di p-xilene nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 45 mg/m³ a 890 mg/m³, per campioni catturati per diffusione in un campionatore passivo a una velocità di campionamento di 13,94 ml/min per 240 minuti [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri idrocarburi aromatici, come l'm-xilene, l'o-xilene, l'etilbenzene e lo xilene (miscela di isomeri) [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: campionatore passivo a diffusione contenente 500 mg di anasorb 747
Velocità di cattura: 13,94 m l/min
Tempo di campionamento: 240 min

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 2 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare DB Wax o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano a temperatura ambiente e si analizzano entro i 21 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 95,3 % (CV = 2,1 %)
Precisione: 0,5 %
Deviazione: -3 %
Incertezza complessiva: 4 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo **non** può essere utilizzato per effettuare misurazioni da confrontare con il valore limite di breve termine.

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per la concentrazione di 90 mg/m³ (VL 0,4). Questo valore è incluso nell'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

2005_1599_IT.indd 181 10-10-2006 17:55:21

P-XILENE **N. CAS: 106-42-3**	**SCHEDA N. 19-2** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 221 mg/m³, 50 ppm	**VL (breve termine): 442 mg/m³, 100 ppm**

I dati di precisione e deviazione annotati nella scheda corrispondono a 3 campioni di 3,35 l, catturati in un'atmosfera generata, con un'umidità relativa dell'83 %, e a una concentrazione di 90 mg/m³, equivalente a 300 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde al valore medio di 35 campioni corrispondenti a 1,54 µg/campione, 73 µg/campione, 145 µg/campione, 290 µg/campione, 725 µg/campione, 1 456 µg/campione e 2 902 µg/campione.

Il dato della velocità di cattura indicata, è valido soltanto per il campionatore passivo a diffusione utilizzato nella validazione (SKC 575-002).

RIFERIMENTI

[1] OSHA, *Xileni (o-,m-,p-xilene), Ethylbenzene,* Method 1002 [*campionatore passivo anasorb 747/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 182 10-10-2006 17:55:22

1,4-DICLOROBENZENE
N. CAS:106-04-7

SCHEDA N. 20
Ottobre 2004

VL (8 h): 122 mg/m³, 20 ppm

VL (breve termine): 306 mg/m³, 50 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare un volume di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. L'1,4,-diclorobenzene viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di 1,4-diclorobenzene nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 10 mg/m³ a 250 mg/m³, per campioni compresi tra 60 l di aria e 10 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri idrocarburi clorurati, come il cloroformio, il clorobenzene, l'1,2-diclorobenzene ecc. [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100mg/50mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2l/min
Volume raccomandato: tra 10 l e 60 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna di 3 m SP 1 000 o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

Non studiato

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 91,1 % (CV = 2,2 %)
Precisione: 1,3 %
Deviazione: - 11,8 %
Incertezza complessiva: 14,4 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,2 l/min), la quantità di 1,4-diclorobenzene raccolta sarà di 4 200 µg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

2005_1599_IT.indd 183 10-10-2006 17:55:22

1,4-DICLOROBENZENE **N. CAS:106-04-7**	**SCHEDA N. 20** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 122 mg/m³, 20 ppm	**VL (breve termine): 306 mg/m³, 50 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1] e [2]

Nella *Documentation of the NIOSH Validation Tests* appaiono dati di recupero a tre livelli di concentrazioni denominati VL2 (831 mg/m³), VL1 e VL0,5, ma senza specificare la concentrazione esatta, pertanto non si può trarre alcuna conclusione né dalla precisione né dalla deviazione a tali livelli.

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 208 mg/m³ a 831 mg/m³. Questo intervallo **non** concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni prelevati da atmosfere generate senza umidità e a una concentrazione compresa tra 208 mg/m³ e 831 mg/m³ di 1,4-diclorobenzene, per campioni di 3 l di aria, equivalente a 625 μg/campione e 2 500 μg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 18 campioni nell'intervallo da 676 μg/campione a 2 700 μg/campione.

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **60 l**, per concentrazioni comprese tra VL 0,1 (12 mg/m³) e VL 0,5 (61 mg/m³), e **10 l** per concentrazioni comprese tra VL 0,5 (61 mg/m³) e VL 2 (244 mg/m³), a una portata tra 0,1 e 0,2 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] NIOSH, *Hydrocarbons, Halogenated*, Method 1003.

[2] Documentation of the NIOSH Validation Tests, S 281, DHEW (NIOSH) Publication n. 77-185.

2005_1599_IT.indd 184 10-10-2006 17:55:22

ALCOOL ALLILICO (2-propen-1-olo)
N. CAS: 107-18-6

SCHEDA N. 21
Ottobre 2004

VL (8 h): 4,8 mg/m³, 2 ppm

VL (breve termine): 12,1 mg/m³, 5 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare un volume di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. L'alcool allilico viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di alcool allilico nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 0,48 mg/m³ a 9,6 mg/m³, per campioni compresi tra 50 l di aria e 10 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri alcool, come l'alcool isoamilico, il cicloesanolo, il diacetone alcool ecc. [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100mg / 50mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: tra 50 l e 10 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna di 3 m SP 1 000 o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

Non studiato

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 90,1 % (CV = 3,2 %)
Precisione: 12,4 %
Deviazione: - 4,4 %
Incertezza complessiva: 29,2 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,2 l/min), la quantità di alcool allilico raccolta sarà di 36 µg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione.

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1] e [2]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 1,8 mg/m³ a 8,4 mg/m³. Questo intervallo **non** concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

2005_1599_IT.indd 185 10-10-2006 17:55:22

ALCOOL ALLILICO (2-propen-1-olo) **N. CAS: 107-18-6**	**SCHEDA N. 21** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 4,8 mg/m³, 2 ppm	**VL (breve termine): 12,1 mg/m³, 5 ppm**

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni prelevati da atmosfere generate senza umidità e ad una concentrazione compresa tra 1,8 mg/m³ e 8,4 mg/m³ di alcool allilico, per campioni di 10 l di aria, equivalente a 20 µg/campione e 84 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 18 campioni nell'intervallo da 24 µg/campione a 96 µg/campione.

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **50 l**, per concentrazioni comprese tra VL 0,1 (0,5 mg/m³) e VL 0,5 (2,5 mg/m³), e **10 l** per concentrazioni comprese tra VL 0,5 (2,5 mg/m³) e VL 2 (9,6 mg/m³), a una portata tra 0,1 e 0,2 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] NIOSH, *Alcohols III,* Method 1402.

[2] Documentation of the NIOSH Validation Tests, S 52, DHEW (NIOSH) Publication n. 77-185.

2005_1599_IT.indd 186 10-10-2006 17:55:23

ETILENGLICOLE
N. CAS: 107-21-1

SCHEDA N. 22
Ottobre 2004

VL (8 h): 52 mg/m³, 10 ppm

VL (breve termine): 104 mg/m³, 40 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 60 l di aria attraverso un campionatore OVS-7 contenente un filtro in fibra di vetro e un tubo con due sezioni da 270/140 mg di XAD-7, mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 1 l/min. L'etilenglicole viene desorbito separatamente sia dal filtro sia da entrambe le sezioni di adsorbente con metanolo e le soluzioni risultanti vengono analizzate in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

L'applicabilità del metodo non è confermata [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: campionatore OVS-7, contenente un filtro in fibra di vetro e due sezioni con 270/140 mg di XAD-7.
Pompa di campionamento: personale polivalente
Portata raccomandata: 1 l/min
Volume raccomandato: 60 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento di ogni componente del tubo separatamente con 2 ml di metanolo per 1 ora.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare Rtx-35 o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

Non studiato

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 99,5 % (CV = 2,5 %)
Precisione: non si dispone di dati
Deviazione: non si dispone di dati
Incertezza complessiva: non si dispone di dati

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione complessa
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo è classificato come parzialmente validato dall'OSHA.
Il dato dell'efficienza di desorbimento che compare nella scheda corrisponde al valore medio per 24 campioni nell'intervallo compreso tra 146 µg/campione e 2 916 µg/campione [1].
I dati apportati in questo metodo non sono né sufficienti né concludenti per effettuare la valutazione dello stesso.

RIFERIMENTI

[1] OSHA, *Ethylene glycol,* Method PV-2024.

2005_1599_IT.indd 187 10-10-2006 17:55:23

ETILENGLICOLE **N. CAS: 107-21-1**	**SCHEDA N. 22** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 52 mg/m³, 10 ppm	**VL (breve termine): 104 mg/m³, 40 ppm**

ALTRI METODI

[2] NIOSH, *Glycols*, Method 5523 [*campionatore OVS-7/gas-cromatografia (FID)*].

[3] Andersson K, Levin J.O., «*Sampling of ethylene glycol derivates in work-room air using Amberlite XAD resins*», Chemosphere 1982; 11: 1115-1119.

2005_1599_IT.indd 188 10-10-2006 17:55:23

1-METOSSI-2-PROPANOLO (Etere metilico del propilen-glicole)
N. CAS: 107-98-2

SCHEDA N. 23
Ottobre 2004

VL (8 h): 375 mg/m³, 100 ppm

VL (breve termine): 568 mg/m³, 150 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 10 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il campione può essere conservato refrigerato per 21 giorni. L'1-metossi-2-propanolo viene desorbito con diclorometano contenente il 5 % di metanolo e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di 1-metossi-2-propanolo nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 32 mg/m³ a 760 mg/m³, per campioni di 10 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri glicol eteri, come il 2-etossietanolo [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100 mg/50 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 10 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di diclorometano contenente il 5 % (v/v) di metanolo.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano refrigerati, e si analizzano entro i 21 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 100,8 % (CV = 2,9 %)
Precisione: 0,9 %
Deviazione: - 8,3 %
Incertezza complessiva: 10,1 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,2 l/min), la quantità di alcool allilico raccolta sarà di 1 700 µg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione.

2005_1599_IT.indd 189 10-10-2006 17:55:23

1-METOSSI-2-PROPANOLO (Etere metilico del propilen-glicole) **N. CAS: 107-98-2**	**SCHEDA N. 23** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 375 mg/m³, 100 ppm	**VL (breve termine): 568 mg/m³, 150 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 32 mg/m³ a 760 mg/m³. Questo intervallo concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni di 10 l di aria, prelevati da atmosfere generate, con e senza umidità, in un intervallo di concentrazione da 32 mg/m³ a 760 mg/m³ di 1-metossi-2-propanolo, equivalente a 320 µg/campione e 7 600 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 12 campioni nell'intervallo da 400 µg/campione a 7 000 µg/campione.

RIFERIMENTI

[1] INSHT, *Determinazione di glicol eteri (1-metossi-2-propanolo, 2-etossietanolo) nell'aria. Metodo di adsorbimento in carbone attivo/gas-cromatografia,* MTA/MA – 017/A89.

ALTRI METODI

[2] OSHA, *Propylene Glycol Monomethyl Ethers/Acetates,* Method 99 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 190 10-10-2006 17:55:24

4-METIL-2-PENTANONE (Metil-isobutil-chetone)
N. CAS: 108-10-1

SCHEDA N. 24
Ottobre 2004

VL (8 h): 83 mg/m³, 20 ppm

VL (breve termine): 208 mg/m³, 50 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 2,5 l di aria attraverso un tubo riempito con 150/75 mg di gel di silice mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 0,05 l/min. Il campione può essere conservato refrigerato per 14 giorni. Il 4-metil-2-pentanone viene desorbito con 1 ml di dimetilformamide e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di 4-metil-2-pentanone nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 8,3 mg/m³ a 166 mg/m³, per campioni di 2,5 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri chetoni, come l'acetone, il metil-etil-chetone [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di gel di silice (150 mg/75 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: 0, 05 l/min
Volume raccomandato: 2,5 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di dimetilformamide.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare SE-30 o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni rimangono stabili quando, una volta terminato il campionamento, si conservano refrigerati, e si analizzano entro i 14 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 102,7 % (CV = 3,2 %)
Precisione: 3,4 %
Deviazione: - 5,4 %
Incertezza complessiva: 12,2 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,05 l/min), la quantità di 4-metil-2-pentanone raccolta sarà di 156 µg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione.

2005_1599_IT.indd 191 10-10-2006 17:55:24

4-METIL-2-PENTANONE (Metil-isobutil-chetone) **N. CAS: 108-10-1**	**SCHEDA N. 24** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 83 mg/m³, 20 ppm	**VL (breve termine): 208 mg/m³, 50 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 22 mg/m³ a 440 mg/m³. Questo intervallo concorda parzialmente con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni di 1 l di aria, catturati a 0,05 l/min in atmosfere generate, con e senza umidità, in un intervallo di concentrazione da 22 mg/m³ a 440 mg/m³ di acetone, equivalente a 22 μg/campione e 440 μg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 35 campioni nell'intervallo da 24 μg/campione a 637 μg/campione.

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **2,5 l**, a una portata compresa di 0,05 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

INFORMAZIONI ADDIZIONALI

Il 4-metil-2-pentanone raccolto in carbone attivo e desorbito con solfuro di carbonio non crea problemi di stabilità, pertanto si può utilizzare come alternativa per la determinazione di 4-metil-2-pentanone nell'aria [2].

RIFERIMENTI

[1] INSHT, *Determinazione di chetoni (acetone, meti-etil-chetone, metil-isobutil-chetone) nell'aria. Metodo di adsorbimento in gel di silice/gas-cromatografia,* MTA/MA – 031/A96.

ALTRI METODI

[2] NIOSH, *Ketones I,* Method 1300 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

[3] INRS, *Cetones I,* scheda 020 [*tubo di carboxen 1000/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 192 10-10-2006 17:55:24

m-XILENE
N. CAS: 108-38-3

SCHEDA N. 25-1
Ottobre 2004

VL (8 h): 221 mg/m³, 50 ppm

VLE (breve termine): 442 mg/m³, 100 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 10 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il campione può essere conservato refrigerato per 21 giorni. L'm-xilene viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di m-xilene nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 22 mg/m³ a 450 mg/m³, per campioni di 10 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri idrocarburi aromatici, come il p-xilene, l'etilbenzene ecc. [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100mg/50mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 10 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano refrigerati e si analizzano entro i 21 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO (si veda la sezione «Altre informazioni di interesse»)

Efficienza di desorbimento: 98,5 % (CV = 1 %)
Precisione: 1,3 %
Deviazione: - 7,6 %
Incertezza complessiva: 10,2 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,2 l/min), la quantità di m-xilene raccolta sarà di 1 326 μg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

2005_1599_IT.indd 193 10-10-2006 17:55:24

m-XILENE **N. CAS: 108-38-3**	**SCHEDA N. 25-1** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 221 mg/m³, 50 ppm	**VLE (breve termine): 442 mg/m³, 100 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

I dati, sia dell'efficienza di desorbimento sia della precisione, deviazione e incertezza complessiva, corrispondono a quelli ottenuti per il p-xilene all'atto della validazione dello stesso. Poiché l'o-xilene, l'm-xilene e il p-xilene hanno lo stesso valore limite e si presuppone un comportamento simile nella cattura in carbone attivo e nel successivo desorbimento con solfuro di carbonio, si assumono per i tre xileni gli stessi dati di validazione.

RIFERIMENTI

[1] INSHT, *Determinazione di idrocarburi aromatici (benzene, toluene, etilbenzene, p-xilene, 1,2,4-trimetilbenzene) nell'aria. Metodo di adsorbimento in carbone attivo/gas-cromatografia,* MTA/MA – 030/A92.

ALTRI METODI

[2] OSHA, *Xileni (o-,m-,p-xilene), Ethylbenzene,* Method 1002 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 194 10-10-2006 17:55:24

m-XILENE
N. CAS: 108-38-3

SCHEDA N. 25-2
Ottobre 2004

VL (8 h): 221 mg/m³, 50 ppm

VL (breve termine): 442 mg/m³, 100 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto con campionatore passivo a diffusione, contenente 500 mg di anasorb 747. Il campione può essere conservato a temperatura ambiente per 16 giorni. L'm-xilene viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di m-xilene nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 22 mg/m³ a 450 mg/m³, per campioni catturati per diffusione in un campionatore passivo a una velocità di campionamento di 13,82 ml/min per 240 minuti [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri idrocarburi aromatici, come l'o-xilene, il p-xilene, l'etilbenzene e la miscela di xileni [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: campionatore passivo a diffusione contenente 500 mg di anasorb 747
Velocità di cattura: 13,82 m l/min
Tempo di campionamento: 240 min

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 2 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare DB Wax o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano a temperatura ambiente e si analizzano entro i 16 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 96,1 % (CV = 2,8 %)
Precisione: 0,4 %
Deviazione: 2,8 %
Incertezza complessiva: 3,6 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo **non** può essere utilizzato per effettuare misurazioni da confrontare con il valore limite di breve termine.

2005_1599_IT.indd 195 10-10-2006 17:55:25

m-XILENE **N. CAS: 108-38-3**	**SCHEDA N. 25-2** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 221 mg/m³, 50 ppm	**VL (breve termine): 442 mg/m³, 100 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per la concentrazione di 48 mg/m³ (VL 0,2). Questo valore è incluso nell'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

I dati di precisione e deviazione annotati nella scheda corrispondono a 3 campioni di 3,32 l, catturati in un'atmosfera generata, con un'umidità relativa dell'83 %, e a una concentrazione di 48 mg/m³, equivalente a 160 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde al valore medio di 35 campioni corrispondenti a 1,42 µg/campione, 73 µg/campione, 145 µg/campione, 290 µg/campione, 725 µg/campione, 1 451 µg/campione e 2 903 µg/campione.

Il dato della velocità di cattura indicata è valido soltanto per il campionatore passivo a diffusione utilizzato nella validazione (SKC 575-002).

RIFERIMENTI

[1] OSHA, *Xileni (o-,m-,p-xilene), Ethylbenzene,* Method 1002 [*campionatore passivo anasorb 747/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 196 10-10-2006 17:55:25

ACETATO DI 1-METIL-2-METIOSSETILE
N. CAS: 108-65-6

SCHEDA N. 26
Ottobre 2004

VL (8 h): 275 mg/m³, 50 ppm

VL (breve termine): 550 mg/m³, 100 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 1 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 0,05 l/min. Il campione può essere conservato refrigerato per 21 giorni. L'acetato di 1-metil-2-metiossetile viene desorbito con solfuro di carbonio con il 5 % di 2-butanolo e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di acetato di 1-metil-2-metiossetile nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 27 mg/m³ a 550 mg/m³, per campioni di 1 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri esteri di glicole, come l'acetato di 2-etossietanolo [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100mg/50mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: 0,05 l/min
Volume raccomandato: 1 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio contenente il 5 % (v/v) di 2-butanolo.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano refrigerati e si analizzano entro i 15 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 100,1 % (CV = 2,5 %)
Precisione: 2,8 %
Deviazione: - 5,5 %
Incertezza complessiva: 11,1 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,05 l/min), la quantità di acetato di 1-metil-2-metiossetile raccolta sarà di 412 µg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

2005_1599_IT.indd 197 10-10-2006 17:55:25

ACETATO DI 1-METIL-2-METIOSSETILE **N. CAS: 108-65-6**	**SCHEDA N. 26** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 275 mg/m³, 50 ppm	**VL (breve termine): 550 mg/m³, 100 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 2 mg/m³ a 50 mg/m³. Questo intervallo **non** concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore attuale per 8 ore.

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni di 10 l di aria, catturati a 0,2 l/min in atmosfere generate, con e senza umidità, in un intervallo di concentrazione da 2 mg/m³ a 50 mg/m³ di acetato di 1-metil-2-metiossetile, equivalente a 20 µg/campione e 500 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 24 campioni nell'intervallo da 22 µg/campione a 482 µg/campione.

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume e la portata di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si dovrebbe campionare almeno **1 l**, a una portata compresa di 0,05 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] INSHT, *Determinazione di esteri II (acetato di 1-metossi-2-propile, acetato di 2-etossietile) nell'aria. Metodo di adsorbimento in carbone attivo/gas-cromatografia*, MTA/MA – 024/A92.

ALTRI METODI

[2] OSHA, *Propylene Glycol Monomethyl Ethers/Acetates*, Method 99 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 198 10-10-2006 17:55:25

MESITILENE (Trimetilbenzene)
N. CAS: 108-67-8

SCHEDA N. 27
Ottobre 2004

VL (8 h): 100 mg/m³, 20 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 5 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il campione può essere conservato refrigerato per 21 giorni. Il mesitilene viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di mesitilene nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 15 mg/m³ a 310 mg/m³, per campioni di 5 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri idrocarburi aromatici, come il benzene, il toluene, l'etilbenzene e il p-xilene [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100 mg/50 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 5 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano refrigerati, e si analizzano entro i 21 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 96,8 % (CV = 1 %)
Precisione: 3,1 %
Deviazione: - 7,5 %
Incertezza complessiva: 13,7 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

I dati, sia dell'efficienza di desorbimento sia della precisione, deviazione e incertezza complessiva, corrispondono a quelli ottenuti per l'1,2,4-trimetilbenzene all'atto della validazione dello stesso. Poiché il mesitilene ha lo stesso valore limite e si presuppone un comportamento simile nella cattura in carbone attivo e nel successivo desorbimento con solfuro di carbonio, si assumono per i trimetilbenzeni gli stessi dati di validazione.

2005_1599_IT.indd 199 10-10-2006 17:55:26

MESITILENE (Trimetilbenzene) **N. CAS: 108-67-8**	**SCHEDA N. 27** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 100 mg/m³, 20 ppm	

RIFERIMENTI

[1] INSHT, *Determinazione di idrocarburi aromatici (benzene, toluene, etilbenzene, p-xilene, 1,2,4-trimetilbenzene) nell'aria. Metodo di adsorbimento in carbone attivo/gas-cromatografia*, MTA/MA – 030/A92.

2005_1599_IT.indd 200 10-10-2006 17:55:26

CLOROBENZENE
N. CAS: 108-90-7

SCHEDA N. 28
Ottobre 2004

VL (8 h): 47 mg/m³, 10 ppm

VL (breve termine): 94 mg/m³, 20 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 15 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,3 l/min. Il campione può essere stoccato refrigerato per 14 giorni. Il clorobenzene viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di clorobenzene nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 4,7 mg/m³ a 100 mg/m³, per campioni di 15 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri idrocarburi aromatici clorurati, come il tetracloruro di carbonio e il cloroformio [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100mg/50mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,3 l/min
Volume raccomandato: 15 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano refrigerati e si analizzano entro i 14 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 96 % (CV = 2,4 %)
Precisione: 4,7 %
Deviazione: - 3,5 %
Incertezza complessiva: 12,9 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,3 l/min), la quantità di clorobenzene raccolta sarà di 423 µg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

2005_1599_IT.indd 201 10-10-2006 17:55:26

CLOROBENZENE **N. CAS: 108-90-7**	**SCHEDA N. 28** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 47 mg/m³, 10 ppm	**VL (breve termine): 94 mg/m³, 20 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 4,5 mg/m³ a 95 mg/m³. Questo intervallo concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni di 15 l di aria, catturati a 0,3 l/min in atmosfere generate, con e senza umidità, in un intervallo di concentrazione da 4,5 mg/m³ a 95 mg/m³ di cloroformio, equivalente a 70 µg/campione e 1 420 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 34 campioni nell'intervallo da 70 µg/campione a 1 800 µg/campione.

RIFERIMENTI

[1] INSHT, *Determinazione di idrocarburi clorurati II (tetracloruro di carbonio, cloroformio, clorobenzene) nell'aria. Metodo di adsorbimento in carbone attivo/gas-cromatografia*, MTA/MA – 042/A99

ALTRI METODI

[2] NIOSH, *Hydrocarbons, Halogenated,* Method 1003 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 202 10-10-2006 17:55:26

CICLOESANONE
N. CAS: 108-94-1

SCHEDA N. 29
Ottobre 2004

VL (8 h): 40,8 mg/m³, 10 ppm

VL (breve termine): 81,6 mg/m³, 20 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 4 l di aria attraverso un tubo riempito con 150/75 mg di gel di silice mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 0,1 l/min. Il campione può essere conservato a temperatura ambiente per 14 giorni. Il cicloesanone viene desorbito con acetato di etile e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di cicloesanone nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 4 mg/m³ a 80 mg/m³, per campioni di 4 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri chetoni, come l'ossido di mesitile [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di gel di silice (150 mg/75 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: 0,1 l/min
Volume raccomandato: 4 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di acetato di etile.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano a temperatura ambiente e si analizzano entro i 14 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 94,8 % (CV = 3,6 %)
Precisione: 4,0 %
Deviazione: - 3,4 %
Incertezza complessiva: 11,4 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata raccomandata (0,1 l/min), la quantità di cicloesanone raccolta sarà di 122 μg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

2005_1599_IT.indd 203 10-10-2006 17:55:27

CICLOESANONE **N. CAS: 108-94-1**	**SCHEDA N. 29** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 40,8 mg/m³, 10 ppm	**VL (breve termine): 81,6 mg/m³, 20 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 9,8 mg/m³ a 188 mg/m³. Questo intervallo non concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni di 2 l di aria, catturati a 0,1 l/min in atmosfere generate, con e senza umidità, in un intervallo di concentrazione da 9,8 mg/m³ a 188 mg/m³ di cicloesanone, equivalente a 20 µg/campione e 380 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 52 campioni nell'intervallo da 16 µg/campione a 56 µg/campione.

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **4 l**, a una portata di 0,1 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] INSHT, *Determinazione di chetoni II (cicloesanone, ossido di mesitile) nell'aria. Metodo di adsorbimento in gel di silice/gas-cromatografia,* MTA/MA – 052/A02.

ALTRI METODI

[2] NIOSH, *Ketones I,* Method 1300 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

[3] OSHA, *Ciclohexanone,* Method 1 [*tubo di chromosorb 106/HPLC (UV)*].

[4] INRS, *Cetones I, scheda* 020 [*tubo di carboxen 1 000/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 204 10-10-2006 17:55:27

FENOLO
N. CAS: 108-95-2

SCHEDA N. 30
Ottobre 2004

VL (8 h): 7,8 mg/m³, 2 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 20 l di aria attraverso un tubo riempito con 150/75 mg di gel di silice mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il campione può essere conservato refrigerato per 14 giorni. Il fenolo viene desorbito con acetone e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di fenolo nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 0,78 mg/m³ a 15 mg/m³, per campioni di 20 l di aria [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di gel di silice (150 mg/75 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 20 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di acetone.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna di vetro di 2 m con Carbowax 20M o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano refrigerati e si analizzano entro i 14 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 99,2 % (CV = 3,3 %)
Precisione: 4,8 %
Deviazione: - 1,6 %
Incertezza complessiva: 11,2 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 1,8 mg/m³ a 43 mg/m³. Questo intervallo **non** concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni di 10 l di aria, generati sulla base di un sistema di addizione di fenolo ai tubi, sui quali si fa passare anche aria con un'umidità del 50 %. L'intervallo di concentrazione provato è compreso tra 1,8 mg/m³ a 43 mg/m³, equivalente a 18 μg/campione e 430 μg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 21 campioni nell'intervallo da 17 μg/campione a 400 μg/campione.

2005_1599_IT.indd 205 17-10-2006 15:03:12

FENOLO **N. CAS: 108-95-2**	**SCHEDA N. 30** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 7,8 mg/m³, 2 ppm	

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **20 l**, a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] INSHT, *Determinazione di fenolo nell'aria. Metodo di adsorbimento in gel di silice/gas-cromatografia*, MTA/MA – 040/A98.

ALTRI METODI

[2] DFG, «Phenol», *Analysis of hazardous substances in air*, vol. 3, pag. 99 [*tubo di gel di silice/gas-cromatografia (FID)*].

[3] NIOSH, *Cresol (all isomers) and Phenol*, Method 2546 [*tubo di XAD-7/gas-cromatografia (FID)*].

[4] OSHA, *Phenol and Cresol*, Method 32 [*tubo di XAD-7/HPLC (UV)*].

2005_1599_IT.indd 206 17-10-2006 15:03:13

TETRAIDROFURANO
N. CAS: 109-99-9

SCHEDA N. 31
Ottobre 2004

VL (8 h): 150 mg/m³, 50 ppm

VL (breve termine): 300 mg/m³, 100 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 12 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il campione può essere conservato a temperatura ambiente per 14 giorni. Il tetraidrofurano viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di tetraidrofurano nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 15 mg/m³ a 300 mg/m³, per campioni di 12 l di aria [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100 mg/50 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 12 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano a temperatura ambiente e si analizzano entro i 14 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 96,4 % (CV = 1 %)
Precisione: 1,1 %
Deviazione: - 6,9 %
Incertezza complessiva: 9,1 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,2 l/min), la quantità di tetraidrofurano raccolta sarà di 900 µg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 13 mg/m³ a 270 mg/m³. Questo intervallo concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

2005_1599_IT.indd 207 10-10-2006 17:55:28

TETRAIDROFURANO **N. CAS: 109-99-9**	**SCHEDA N. 31** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 150 mg/m³, 50 ppm	**VL (breve termine): 300 mg/m³, 100 ppm**

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni di 12 l di aria, catturati a 0,2 l/min in atmosfere generate, con e senza umidità, in un intervallo di concentrazione da 13 mg/m³ a 270 mg/m³ di tetraidrofurano, equivalente a 160 μg/campione e 3 200 μg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 24 campioni nell'intervallo da 16 μg/campione a 3 500 μg/campione.

RIFERIMENTI

[1] INSHT, *Determinazione di tetraidrofurano nell'aria. Metodo di adsorbimento in carbone attivo/gas-cromatografia*, MTA/MA – 049/A01.

ALTRI METODI

[2] DFG, «Tetrahydrofuran», *Analyses of hazardous substances in air*, vol. 3 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

[3] NIOSH, *Tetrahydrofuran*, Method 1609 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 208 10-10-2006 17:55:29

5-METIL-2-ESANONE (Metil-isoamil-chetone)
N. CAS: 110-12-3

SCHEDA N. 32
Ottobre 2004

VL (8 h): 95 mg/m³, 20 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 10 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il 5-metil-2-esanone viene desorbito con una soluzione di solfuro di carbonio, con l'1 % (1:99) di dimetilformamide, e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

L'applicabilità del metodo non è confermata [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100/50 mg).
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 10 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio contenente l'1 % (v/v) di dimetilformamide.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare DB-WAX o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano refrigerati e si analizzano entro i 10 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 96,2 % (CV = 1,70 %)
Precisione: non si dispone di dati
Deviazione: non si dispone di dati
Incertezza complessiva: non si dispone di dati

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo è classificato come parzialmente validato dall'OSHA.

L'efficienza di desorbimento che compare nel metodo corrisponde alla media di 20 campioni nell'intervallo da 230 μg/campione a 4 570 μg/campione.

La stabilità è stata studiata addizionando a 12 tubi 2 286 μg di 5-metil-2-esanone e, dopo 2 ore, si sono fatti passare 10 l di aria con un'umidità relativa dell'80 %, a una portata di 0,2 l/min e sono stati conservati per 10 giorni 6 tubi a temperatura ambiente e 6 refrigerati a 0°C, ottenendo un recupero del 59,5 % per i tubi conservati a temperatura ambiente e del 95,4 % per quelli refrigerati.

2005_1599_IT.indd 209 17-10-2006 15:03:13

5-METIL-2-ESANONE (Metil-isoamil-chetone) **N. CAS: 110-12-3**	**SCHEDA N. 32** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 95 mg/m³, 20 ppm	

I dati apportati in questo metodo non sono né sufficienti né concludenti per effettuare la valutazione dello stesso.

RIFERIMENTI

[1] OSHA, *MIAK (Methyl isoamyl Ketone)*, Method PV-2042.

ALTRI METODI

[2] OSHA, *Chemical Sampling Information, Mehyl isoamyl Ketone*, IMIS: 1776.

2005_1599_IT.indd 210 10-10-2006 17:55:29

2- EPTANONE (Metil-amil-chetone)
N. CAS: 110-43-0

SCHEDA N. 33
Ottobre 2004

VL (8 h): 238 mg/m³, 50 ppm

VL (breve termine): 475 mg/m³, 100 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare una quantità di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il 2-eptanone viene desorbito con 1 ml di solfuro di carbonio contenente l'1 % (1:99) di metanolo e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di 2-eptanone nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 23,8 mg/m³ a 500 mg/m³, per campioni compresi in un intervallo di volumi tra 80 l di aria e 18 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri chetoni, come l'etil-butil-chetone, l'ossido di mesitile ecc. [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100/50 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 80 l e 18 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio contenente l'1 % (1:99) di metanolo.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

Non studiato

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 82 % (CV = 4,2 %)
Precisione: 5,8 %
Deviazione: 2,8 %
Incertezza complessiva: 14,4 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Non è confermata l'applicabilità del metodo per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,2 l/min), la quantità di 2-eptanone raccolta sarà di 1 425 µg/campione, quantità non compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

2005_1599_IT.indd 211 10-10-2006 17:55:29

2- EPTANONE (Metil-amil-chetone) **N. CAS: 110-43-0**	**SCHEDA N. 33** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 238 mg/m³, 50 ppm	**VL (breve termine): 475 mg/m³, 100 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1] e [2]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 197 mg/m³ a 925 mg/m³. Questo intervallo non concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni prelevati da atmosfere generate senza umidità e a una concentrazione compresa tra 197 mg/m³ e 925 mg/m³ di 2-eptanonene, per campioni di 10 l di aria, equivalente a 1 970 µg/campione e 9 250 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 18 campioni nell'intervallo da 2 320 µg/campione a 9 300 µg/campione.

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **80 l**, per concentrazioni comprese tra VL 0,1 (24 mg/m³) e VL 0,5 (119 mg/m³), e **18 l** per concentrazioni comprese tra VL 0,5 (119 mg/m³) e VL 2 (476 mg/m³), a una portata tra 0,1 e 0,2 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] NIOSH, *Ketones II,* Method 1301.

[2] Documentation of the NIOSH Validation Tests, S 15, DHEW (NIOSH) Publication n. 77-185.

2005_1599_IT.indd 212 10-10-2006 17:55:30

PIPERAZINA
N. CAS: 110-85-0

SCHEDA N. 34
Ottobre 2004

VL (8 h): 0,1 mg/m³

VL (breve termine): 0,3 mg/m³

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 10 l di aria attraverso un tubo riempito con 80/40 mg di XAD-2 impregnato con il 10 % di 1-naftilisocianato, mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 0,1 l/min. La piperazina viene disorbita con dimetilformamide e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo ad alta risoluzione, attrezzato con rivelatore ad ultravioletti [1].

CAMPO DI APPLICAZIONE

L'applicabilità del metodo non è confermata [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo riempito con 80/40 mg di XAD-2 impregnato con il 10 % (w/w) di 1-naftilisocianato.
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: 0,1 l/min
Volume raccomandato: 10 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con dimetilformamide.
Tecnica analitica: cromatografia per liquidi ad alta risoluzione con rivelatore ad ultravioletti.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

Non studiato

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: non si dispone di dati
Precisione: non si dispone di dati
Deviazione: non si dispone di dati
Incertezza complessiva: non si dispone di dati

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione complessa
Costo economico: elevato

RIFERIMENTI

[**1**] **OSHA**, *Chemical Sampling Information, Piperazine*, IMIS: P250.

ALTRI METODI

[2] Skarping, G., *Determination of piperazines in the working atmosphere and in human urine using derivatization and capillary gas chromatography with nitrogen-and mass-selective detection*, J Chomatogr. 1986; 370:245-258.

2005_1599_IT.indd 213 10-10-2006 17:55:30

2005_1599_IT.indd 214 10-10-2006 17:55:30

2-BUTOSSIETANOLO (Butil cellosolve)
N. CAS: 111-76-2

SCHEDA N. 35
Ottobre 2004

VL (8 h): 98 mg/m³, 20 ppm

VL (breve termine): 246 mg/m³, 50 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare un volume di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min, il campione può essere conservato a temperatura ambiente per 15 giorni. Il 2-butossietanolo viene desorbito con diclorometano contenente il 5 % di metanolo e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di 2-butossietanolo nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 9,8 mg/m³ a 200 mg/m³, per campioni compresi in un intervallo di volumi tra 48 l di aria e 12 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea del 2-butossietile [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100/50 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 48 l e 12 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di diclorometano contenente il 5 % (v/v) di metanolo.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare NUKOL o qualunque altra in grado di separare gli analiti di interesse.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano a temperatura ambiente e si analizzano entro i 15 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 99 % (CV = 0,6 %)
Precisione: 0,6 %
Deviazione: - 2,0 %
Incertezza complessiva: 3,2 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Il metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,2 l/min), la quantità di 2-butossietanolo raccolta sarà di 738 μg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

2005_1599_IT.indd 215 10-10-2006 17:55:30

2-BUTOSSIETANOLO (Butil cellosolve) **N. CAS: 111-76-2**	**SCHEDA N. 35** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 98 mg/m³, 20 ppm	**VL (breve termine): 246 mg/m³, 50 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per la concentrazione di 96 mg/m³ (VL 1). Questo valore concorda con il valore limite attuale per 8 ore.

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni di 12 l di aria, catturati a 0,2 l/min in atmosfere generate, con umidità, e a una concentrazione di 96 mg/m³, equivalente a 1 152 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 18 campioni nell'intervallo da 570 µg/campione a 2 280 µg/campione.

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo da 55 µg/campione a 2 280 µg/campione nel quale il metodo è stato studiato.

A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **48 l**, per concentrazioni nell'aria comprese tra VL 0,1 (1 mg/m³) e VL 0,5 (49 mg/m³), e **12 l** per concentrazioni nell'aria comprese tra VL 0,5 (49 mg/m³) e VL 2 (196 mg/m³), a una portata da 0,1 l/min a 0,2 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] OSHA, *2-Butoxyethanol/2-Butoxyetyl Acetate,* Method 83.

ALTRI METODI

[2] NIOSH, *Alcohols IV,* Method 1403 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 216 10-10-2006 17:55:30

ACETATO DI 2-BUTOSSIETILE
N. CAS: 112-07-2

SCHEDA N. 36
Ottobre 2004

VL (8 h): 133 mg/m³, 20 ppm

VL (breve termine): 333 mg/m³, 50 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 40 l di aria attraverso un tubo riempito con 700/300 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il campione può essere conservato refrigerato per 3 settimane. L'acetato di 2-butossietile viene desorbito con dietiletere e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di acetato di 2-butossietile nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 13 mg/m³ a 266 mg/m³, per campioni di 40 l di aria [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo di carbone attivo (700 mg/300 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 40 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 6 ml di dietiletere.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare OV1 o qualunque altra in grado di separare gli analiti di interesse.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

Una volta terminato il campionamento, i campioni devono essere refrigerati il più presto possibile e devono essere analizzati entro i 21 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 90 %
Precisione: 10,1 %
Deviazione: non si dispone di dati
Incertezza complessiva: non si dispone di dati

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Il metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,2 l/min), la quantità di acetato di 2-butossietetile raccolta sarà di 999 μg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 5 mg/m³ a 300 mg/m³. Questo intervallo concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

2005_1599_IT.indd 217 10-10-2006 17:55:31

ACETATO DI 2-BUTOSSIETILE **N. CAS: 112-07-2**	**SCHEDA N. 36** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 133 mg/m³, 20 ppm	**VL (breve termine): 333 mg/m³, 50 ppm**

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni prelevati da atmosfere generate senza umidità e a una concentrazione compresa tra 5 mg/m³ e 300 mg/m³ di acetato di 2-butossietile, per campioni di 40 l di aria, equivalente a 200 μg/campione e 1200 μg/campione.

L'efficienza di desorbimento è indipendente dalla concentrazione nell'intervallo di misura.

Lo studio della conservazione dei campioni viene solo citato, non presenta dati.

Non fornisce dati per poter calcolare la deviazione.

RIFERIMENTI

[1] DFG, «2-Butoxyethylacetate», *Analyses of hazardous substances in air,* vol. 2, pag 73.

ALTRI METODI

[2] OSHA, 2-Butoxyethanol/2-Butoxyetyl Acetate, Method 83 [tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)].

2005_1599_IT.indd 218 10-10-2006 17:55:31

DIMETILETERE
N. CAS: 115-10-6

SCHEDA N. 37
Ottobre 2004

VL (8 h): 1 920 mg/m³, 1 000 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 1 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 0,05 l/min. Il dimetiletere viene desorbito con 1 ml di solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di dimetiletere nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 190 mg/m³ a 3 850 mg/m³, per campioni di 1 l di aria [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100 mg/50 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: 0,05 l/min
Volume raccomandato: 1 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare SE-30 o qualunque altra in grado di separare gli analiti di interesse.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

Non studiato

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 100 % (CV = 1,7 %)
Precisione: 1,2 %
Deviazione: - 5,2 %
Incertezza complessiva: 7,6 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione complessa
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

I dati, sia dell'efficienza di desorbimento sia della precisione e deviazione, corrispondono a quelli ottenuti per il **DIETILETERE** all'atto della validazione dello stesso.

ADATTAMENTO DEL METODO

Supponendo che entrambi gli eteri abbiano un comportamento simile nel carbone attivo, per poter adottare i dati di validazione del dietiletere si dovrebbe campionare 1 l di aria, per concentrazioni da VL 0,1 (192 mg/m³) a VL 2 (3 840 mg/m³), equivalenti a 192 µg/campione e 3 840 µg/campione, quantità che corrispondono a quelle di validazione del metodo del dietiletere.

NOTE

Trattandosi di un gas, le modifiche citate in precedenza devono essere verificate.

2005_1599_IT.indd 219 10-10-2006 17:55:31

DIMETILETERE **N. CAS: 115-10-6**	**SCHEDA N. 37** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 1 920 mg/m³, 1 000 ppm	

RIFERIMENTI

[1] INSHT, *Determinazione di eteri I (etere dietilico, etere diisopropilico, etere metil ter-butilico) nell'aria. Metodo di adsorbimento in carbone attivo/gas-cromatografia*, MTA/MA – 047/A01.

2005_1599_IT.indd 220 10-10-2006 17:55:31

1,2,4-TRICLOROBENZENE
N. CAS: 120-82-1

SCHEDA N. 38
Ottobre 2004

VL (8 h): 15,1 mg/m³, 2 ppm

VL (breve termine): 37,8 mg/m³, 5 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 10 l di aria attraverso un campionatore di due elementi, composto da un filtro PTFE da 13 mm su un supporto di acciaio inox e da un tubo riempito con 100/50 mg di XAD-2 mediante una pompa di campionamento personale, a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il campione può essere conservato, a temperatura ambiente e protetto dalla luce, per 13 giorni. L'1,2,4-triclorobenzene viene desorbito con esano e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a cattura di elettroni.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di 1,2,4-triclorobenzene nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 1,5 mg/m³ a 30 mg/m³, per campioni di 10 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri policlorobenzeni, come l'1,2,4,5-tetraclorobenzene e il pentaclorobenzene [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: filtro di PTFE da 13 mm + tubo adsorbente XAD-2 (100 mg/50 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 10 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento separato dei due elementi con 2 ml di esano e con agitazione ultrasonica per 30 minuti.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a cattura di elettroni nichel 63 e colonna di nichel da 2 m con 10 % di Carbowax 20 M o qualunque altra in grado di separare gli analiti di interesse.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

Una volta terminato il campionamento, si deve separare il filtro dal tubo ed entrambi i componenti devono essere protetti dalla luce. I campioni non presentano perdite quando si conservano a temperatura ambiente e si analizzano entro i 13 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 90,8 % (CV = non si dispone del dato)
Precisione: 9,3 %
Deviazione: - 4,3 %
Incertezza complessiva: 22,9 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione complessa
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,2 l/min), la quantità di 1,2,4 -triclorobenzene raccolta sarà di 203 µg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

2005_1599_IT.indd 221 10-10-2006 17:55:32

1,2,4-TRICLOROBENZENE **N. CAS: 120-82-1**	**SCHEDA N. 38** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 15,1 mg/m³, 2 ppm	**VL (breve termine): 37,8 mg/m³, 5 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1] e [2]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 0,002 mg/m³ a 100 mg/m³. Questo intervallo comprende l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni prelevati da atmosfere generate senza umidità e a una concentrazione compresa tra 0,002 mg/m³ e 100 mg/m³ di 1,2,4-triclorobenzene, per campioni di 10 l di aria, equivalenti a 2 µg/campione e 1 000 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di campioni nell'intervallo da 0,02 µg/campione a 500 µg/campione.

RIFERIMENTI

[1] NIOSH, *Polychlorobenzenes,* Method 5517.

2005_1599_IT.indd 222 10-10-2006 17:55:32

TRIETILAMMINA
N. CAS: 121-44-8

SCHEDA N. 39
Ottobre 2004

VL (8 h): 8,4 mg/m³, 2 ppm

VL (breve termine): 12,6 mg/m³, 3 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 50 l di aria attraverso un tubo riempito con 80/40 mg di XAD-7 impregnato con il 10 % di acido fosforico, mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il campione può essere conservato a temperatura ambiente per 15 giorni. La trietilammina viene desorbita con una soluzione al 50 % (v/v) di acqua/metanolo per 30 minuti. Si alcalinizza un'aliquota con una soluzione al 25 % (v/v) di NaOH 1N/metano e si analizza la soluzione risultante in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di trietilammina nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 0,84 mg/m³ a 16,8 mg/m³, per campioni di 50 l di aria [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo riempito con 80/40 mg di XAD-7 impregnato con il 10 % di acido fosforico.
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 50 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di 1:1 acqua/metanolo (v/v) per 30 minuti, al termine dei quali si preleva un'aliquota di 0,5 ml e si alcalinizza con 0,5 ml di una soluzione 1:4 di NaOH 1N/metanolo.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare Stabilwax DB o qualunque altra in grado di separare gli analiti di interesse.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano a temperatura ambiente e si analizzano entro i 15 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 99,9 % (CV = 1,5 %)
Precisione: 1,6 %
Deviazione: + 0,9 %
Incertezza complessiva: 4,1 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione complessa
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Non è confermata l'applicabilità del metodo per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,2 l/min), la quantità di trietilammina raccolta sarà di 38 μg/campione, quantità non compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

2005_1599_IT.indd 223 10-10-2006 17:55:32

TRIETILAMMINA **N. CAS: 121-44-8**	**SCHEDA N. 39** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 8,4 mg/m³, 2 ppm	**VL (breve termine): 12,6 mg/m³, 3 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è parzialmente validato. La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni addizionati con 828 μg di trietilammina, nei quali si fanno circolare 20 l di aria con l'86 % di umidità, e a una portata di 0,2 l/min, equivalente a 41,8 mg/m³.

Questo valore **non** è incluso nell'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 24 campioni nell'intervallo da 41 μg/campione a 828 μg/campione.

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo da 41 μg/campione a 828 μg/campione nel quale il metodo è stato studiato.

A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **50 l**, a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] OSHA, *Triethylamina/Trimethylamine*, Method PV 2060.

ALTRI METODI

[2] DFG, «Dimethylethylamine/Triethylamine», *Analyses of hazardous substances in air*, vol. 1, pag. 165 [*1 g di gel di silice/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 224 10-10-2006 17:55:32

ACETATO DI ISOPENTILE (Acetato di iso-amile)
N. CAS: 123-92-2

SCHEDA N. 40
Ottobre 2004

VL (8 h): 270 mg/m³, 20 ppm

VL (breve termine): 540 mg/m³, 100 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 2 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 0,1 l/min. Il campione può essere conservato a temperatura ambiente per 15 giorni. L'acetato di isopentile viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di acetato di isopentile nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 27 mg/m³ a 540 mg/m³, per campioni di 2 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri esteri, come l'acetato di n-propile e l'acetato di n-amile [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100 mg/50 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: 0,1 l/min
Volume raccomandato: 2 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o qualunque altra in grado di separare gli analiti di interesse.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano a temperatura ambiente e si analizzano entro i 15 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 97,6 % (CV = 2,3 %)
Precisione: 2,6 %
Deviazione: - 3,4 %
Incertezza complessiva: 8,6 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata raccomandata (0,1 l/min), la quantità di acetato di isopentile raccolta sarà di 810 µg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

2005_1599_IT.indd 225 10-10-2006 17:55:33

ACETATO DI ISOPENTILE (Acetato di iso-amile) **N. CAS: 123-92-2**	**SCHEDA N. 40** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 270 mg/m³, 20 ppm	**VL (breve termine): 540 mg/m³, 100 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 24 mg/m³ a 550 mg/m³. Questo intervallo concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni di 2 l di aria, catturati a 0,1 l/min in atmosfere generate, con e senza umidità, in un intervallo di concentrazione da 24 mg/m³ a 550 mg/m³ di acetato di isopentile, equivalenti a 48 µg/campione e 1 100 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 24 campioni nell'intervallo da 44 µg/campione a 1 020 µg/campione.

RIFERIMENTI

[1] INSHT, *Determinazione di esteri III (acetato di n-propile, acetato di isoamile, acetato di n-amile) nell'aria. Metodo di adsorbimento in carbone attivo/gas-cromatografia,* MTA/MA – 041/A99.

ALTRI METODI

[2] NIOSH, *Esteri I,* Method 1450 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 226 10-10-2006 17:55:33

DIMETILAMMINA
N. CAS: 124-40-3

SCHEDA N. 41
Ottobre 2004

VL (8 h): 3,8 mg/m³, 2 ppm

VL (breve termine): 9,4 mg/m³, 5 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 50 l di aria attraverso un tubo riempito con 150/75 mg di gel di silice mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il campione può essere conservato a temperatura ambiente per 6 giorni. La dimetilammina viene desorbita con acido solforico 0,1 M in soluzione acquosa a del 10 % (v/v) di metanolo. Si alcalinizza un'aliquota con KOH 0,3 M e si analizza la soluzione risultante in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo non è applicabile nell'intervallo da VL 0,1 a ≈VL 2 (vedere la sezione «Altre informazioni di interesse»).
Il metodo è applicabile alla determinazione di dimetilammina nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 7,3 mg/m³ (VL2) a 30,5 mg/m³ (VL8), per campioni di 50 l di aria [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di gel di silice (150 mg/75 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 50 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di acido solforico 0,1 M in soluzione acquosa del 10 % di metanolo; una volta desorbita, si preleva un'aliquota di 0,5 ml e si alcalinizza con 0,5 ml di KOH 0,3M.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna da 1,8 m con 4 % Carbowax 20M + 0,8 % KOH o qualunque altra in grado di separare gli analiti di interesse.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano a temperatura ambiente e si analizzano entro i 6 giorni successivi alla loro cattura [2].

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 91,6 % (CV = 3 %)
Precisione: 5,2 %
Deviazione: - 2,9 %
Incertezza complessiva: 13,3 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione complessa
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Il metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,2 l/min), la quantità di dimetilammina raccolta sarà di 470 µg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

2005_1599_IT.indd 227 10-10-2006 17:55:33

DIMETILAMMINA **N. CAS: 124-40-3**	**SCHEDA N. 41** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 3,8 mg/m³, 2 ppm	**VL (breve termine): 9,4 mg/m³, 5 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1] e [2]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 7,3 mg/m³ a 30,5 mg/m³. Questo intervallo non concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni prelevate da atmosfere generate senza umidità e a una concentrazione compresa tra 7,3 mg/m³ e 30,5 mg/m³ di dimetilammina, per campioni di 50 l di aria, equivalenti a 360 µg/campione e 1525 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 18 campioni nell'intervallo da 408 µg/campione a 1670 µg/campione.

Inoltre, si è verificato che in campioni di 48 l, catturati a 1,1 l/min e a una concentrazione di 36 mg/m³ non è stata riscontrata dimetilammina nella parte posteriore del tubo adsorbente.

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **1 000 l**, per concentrazioni comprese tra VL 0,1 (0,38 mg/m³) e VL 0,5 (1,9 mg/m³), e **240 l** per concentrazioni comprese tra VL 0,5 (1,9 mg/m³) e VL 2 (7,6 mg/m³), a una portata di 0,2 l/min, cosa che ne rende impossibile l'adattamento.

Per questo motivo, non è possibile associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

NOTA

Si potrebbe utilizzare questo metodo nell'intervallo di applicazione dal VL 0,2 (0,76 mg/m³) al VL 1 (3,6 mg/m³), se si campionassero 480 l a 1 l/min, tuttavia, trattandosi di un gas, si dovrebbe verificare almeno il volume di breakthrough (*breakthrough volume*).

RIFERIMENTI

[1] NIOSH, *Amines, aliphatic,* Method 2010.

[2] Documentation of the NIOSH Validation Tests, S. 142, DHEW (NIOSH) Publication n. 77-185.

ALTRI METODI

[3] OSHA, *Dimethylamine*, Method 34 [*XAD-7 con 10 % cloruro NBD (non in commercio)/HPLC*].

2005_1599_IT.indd 228 10-10-2006 17:55:34

N,N-DIMETILACETAMMIDE
N. CAS: 127-19-5

SCHEDA N. 42
Ottobre 2004

VL (8 h): 36 mg/m³, 10 ppm

VL (breve termine): 72 mg/m³, 20 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare una quantità di aria attraverso un tubo riempito con 150/75 mg di gel di silice mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 1 l/min. La N,N-dimetilacetammide viene desorbita con metanolo e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di N,N-dimetilacetammide nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 3,6 mg/m³ a 72 mg/m³, per campioni compresi tra 240 l e 50 l di aria [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di gel di silice (150 mg/75 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: 1 l/min
Volume raccomandato: 240 l e 50 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di metanolo e agitazione ultrasonica per 1h.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna con 10 % UCON 50-HB 5100 + 2 % KOH o qualunque altra in grado di separare gli analiti di interesse.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni possono rimanere stabili per 5 giorni (Tª non specificata).

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 92,5 % (CV = 4,1 %)
Precisione: 6,8 %
Deviazione: non si dispone di dati
Incertezza complessiva: non si dispone di dati

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Il metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (15 l/min), la quantità di N,N-dimetilacetammide raccolta sarà di 1 080 µg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1] e [2]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 18 mg/m³ a 105 mg/m³. Questo intervallo concorda solo in parte con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

2005_1599_IT.indd 229 17-10-2006 15:03:13

N,N-DIMETILACETAMMIDE **N. CAS: 127-19-5**	**SCHEDA N. 42** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 36 mg/m³, 10 ppm	**VL (breve termine): 72 mg/m³, 20 ppm**

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni prelevati da atmosfere generate senza umidità e a una concentrazione compresa tra 18 mg/m³ e 105 mg/m³ di N,N-dimetilacetammide, per campioni di 45 l di aria, catturati a 0,88 l/min, equivalenti a 810 µg/campione e 4 750 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 18 campioni nell'intervallo da 943 µg/campione a 3 770 µg/campione.

Inoltre, il volume di breakthrough, calcolato a una portata di 0,876 l/min e a una concentrazione di 106 mg/m³, è stato di 46 l, equivalenti a 22 000 µg per 150 mg di gel di silice.

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **240 l**, per concentrazioni comprese tra VL 0,1 (3,6 mg/m³) e VL 0,5 (18 mg/m³), e **50 l** per concentrazioni comprese tra VL 0,5 (18 mg/m³) e VL 2 (72 mg/m³), a una portata di 1 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] NIOSH, *Dimethylacetamide,* Method 2004.

[2] Documentation of the NIOSH Validation Tests, S. 254, DHEW (NIOSH) Publication n. 77-185.

2005_1599_IT.indd 230 10-10-2006 17:55:34

ACRILATO DI N-BUTILE
N. CAS: 141-32-2

SCHEDA N. 43
Ottobre 2004

VL (8 h): 11 mg/m³, 2 ppm

VL (breve termine): 53 mg/m³, 10 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 60 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo impregnato con il 10 % di 4-ter-butilcatecolo (TBC), mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il campione può essere conservato a temperatura ambiente per 10 giorni. L'acrilato di n-butile viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di acrilato di n-butile nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 1,1 mg/m³ a 22 mg/m³, per campioni da 60 l di aria [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo impregnato con il 10 % di 4-ter-butilcatecolo
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 60 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare DX-4 o qualunque altra in grado di separare gli analiti di interesse.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano a temperatura ambiente e si analizzano entro i 10 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 100 % (CV = 3,1 %)
Precisione: 1,3 %
Deviazione: - 4,7 %
Incertezza complessiva: 7,3 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione complessa
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Non è confermata l'applicabilità del metodo per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,2 l/min), la quantità di acrilato di n-butile raccolta sarà di 159 µg/campione, quantità non compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

2005_1599_IT.indd 231 10-10-2006 17:55:35

ACRILATO DI N-BUTILE **N. CAS: 141-32-2**	**SCHEDA N. 43** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 11 mg/m³, 2 ppm	**VL (breve termine): 53 mg/m³, 10 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è parzialmente validato. La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni addizionati con 674 µg di acrilato di n-butile, nei quali si fanno circolare 12 l di aria con l'80 % di umidità, e a una portata di 0,2 l/min, equivalente a 56 mg/m³.

Questo valore non è incluso nell'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 20 campioni nell'intervallo da 67 µg/campione a 1 348 µg/campione.

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo da 67 µg/campione a 1 348 µg/campione nel quale il metodo è stato studiato.

A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **60 l**, a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] OSHA, *Butyl Acrylate,* Method PV 2011.

ALTRI METODI

[2] DFG, «Acrylates (Methyl acrylate, Ethyl acrylate, Buthyl acrylate)», *Analyses of hazardous substances in air*, vol. 3, pag 35 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 232 10-10-2006 17:55:35

N-EPTANO
N. CAS: 142-82-5

SCHEDA N. 44
Ottobre 2004

VL (8 h): 2.085 mg/m³, 500 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 1 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 0,05 l/min. Il campione può essere conservato a temperatura ambiente per 15 giorni. L'n-eptano viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di n-eptano nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 208 mg/m³ a 4 170 mg/m³, per campioni di 1 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri idrocarburi, come l'n-esano, l'n-ottano, l'n-nonano [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100 mg/50 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: 0,05 l/min
Volume raccomandato: 1 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o qualunque altra in grado di separare gli analiti di interesse.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano a temperatura ambiente e si analizzano entro i 15 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 101,4 % (CV = 2,2 %)
Precisione: 3,2 %
Deviazione: 2,6 %
Incertezza complessiva: 9 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 134 mg/m³ a 2 955 mg/m³. Questo intervallo **non** concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni di 2 l di aria, catturati a 0,1 l/min in atmosfere generate, con e senza umidità, in un intervallo di concentrazione da 134 mg/m³ a 2 955 mg/m³ di n-eptano, equivalenti a 268 µg/campione e 5 900 µg/campione.

2005_1599_IT.indd 233 10-10-2006 17:55:35

N-EPTANO **N. CAS: 142-82-5**	**SCHEDA N. 44** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 2.085 mg/m³, 500 ppm	

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 12 campioni nell'intervallo da 220 µg/campione a 4 830 µg/campione.

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si dovrebbe campionare almeno 1 l, a una portata compresa di 0,05 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] INST, *Determinazione di idrocarburi alifatici (esano, eptano, ottano, nonano) nell'aria. Metodo di adsorbimento in carbone attivo/gas-cromatografia*, MTA/MA – 029/A92.

ALTRI METODI

[2] NIOSH, *Hydrocarbons, 36- 126 ºC BP,* Method 1 500 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 234 10-10-2006 17:55:36

1,2,3-TRIMETILBENZENE
N. CAS: 526-73-8

SCHEDA N. 45
Ottobre 2004

VL (8 h): 100 mg/m³, 20 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 8 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il campione può essere conservato refrigerato per 21 giorni. L'1,2,3-trimetilbenzene viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di 1,2,3-trimetilbenzene nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 10 mg/m³ a 200 mg/m³, per campioni di 8 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri idrocarburi aromatici, come il benzene, il toluene, l'etilbenzene, il p-xilene e l'1,2,4-trimetilbenzene [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100mg/50mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 8 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o qualunque altra in grado di separare gli analiti di interesse.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano refrigerati e si analizzano entro i 21 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 96,8 % (CV = 1 %)
Precisione: 3,1 %
Deviazione: - 7,5 %
Incertezza complessiva: 13,7 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

I dati, sia dell'efficienza di desorbimento sia della precisione, deviazione e incertezza complessiva, corrispondono a quelli ottenuti per l'1,2,4-trimetilbenzene all'atto della validazione dello stesso. Poiché l'1,2,3-trimetilbenzene ha lo stesso valore limite e si presuppone un comportamento simile nella cattura in carbone attivo e nel successivo desorbimento con solfuro di carbonio, si assumono per entrambi i trimetilbenzeni gli stessi dati di validazione.

2005_1599_IT.indd 235 10-10-2006 17:55:36

1,2,3-TRIMETILBENZENE **N. CAS: 526-73-8**	**SCHEDA N. 45** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 100 mg/m³, 20 ppm	

RIFERIMENTI

[1] INSHT, *Determinazione di idrocarburi aromatici (benzene, toluene, etilbenzene, p-xilene, 1,2,4-trimetilbenzene) nell'aria. Metodo di adsorbimento in carbone attivo/gas-cromatografia,* MTA/MA – 030/A92.

2005_1599_IT.indd 236 10-10-2006 17:55:36

5-METIL-3-EPTANONE
N. CAS: 541-85-5

SCHEDA N. 46
Ottobre 2004

VL (8 h): 53 mg/m³, 10 ppm

VL (breve termine): 107 mg/m³, 20 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare un volume di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il 5-metil-3-eptanone viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di 5-metil-3-eptanone nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 5,3 mg/m³ a 106 mg/m³, per campioni di 96 l e 24 l di aria [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100 mg/50 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 96 l e 24 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o qualunque altra in grado di separare gli analiti di interesse.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

Non studiato

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 89,8 % (CV = 2,6 %)
Precisione: 8,8 %
Deviazione: 15,2 %
Incertezza complessiva: 32,8 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Non è confermata l'applicabilità del metodo per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,2 l/min), la quantità di 5-metil-3-eptanone raccolta sarà di 318 µg/campione, quantità non compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1] e [2]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 57,5 mg/m³ a 272 mg/m³. Questo intervallo concorda solo in parte con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

2005_1599_IT.indd 237 10-10-2006 17:55:37

5-METIL-3-EPTANONE **N. CAS: 541-85-5**	**SCHEDA N. 46** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 53 mg/m³, 10 ppm	**VL (breve termine): 107 mg/m³, 20 ppm**

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni prelevati da atmosfere generate senza umidità e a una concentrazione compresa tra 57,5 mg/m³ e 272 mg/m³ di 5-metil-3-eptanonene, per campioni di 10 l di aria, equivalenti a 575 µg/campione e 2 720 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 18 campioni nell'intervallo da 650 µg/campione a 2 600 µg/campione.

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **96 l**, per concentrazioni comprese tra VL 0,1 (5,3 mg/m³) e VL 0,5 (26,5 mg/m³), e **24 l** per concentrazioni comprese tra VL 0,5 (26,5mg/m³) e VL 2 (106 mg/m³), a una portata tra 0,1 e 0,2 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] NIOSH, *Ketones II,* Method 1301.

[2] Documentation of the NIOSH Validation Tests, S. 13, DHEW (NIOSH) Publication n. 77-185.

2005_1599_IT.indd 238 10-10-2006 17:55:37

ACETATO DI 1-METILBUTILE (Acetato di sec-amile)
N. CAS: 626-38-0

SCHEDA N. 47
Ottobre 2004

VL (8 h): 270 mg/m³, 20 ppm

VL (breve termine): 540 mg/m³, 100 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare un volume di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. L'acetato di 1-metilbutile viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di acetato di 1-metilbutile nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 27 mg/m³ a 540 mg/m³, per campioni di 96 l e 24 l di aria [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100 mg/50 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: tra 96 l e 24 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o qualunque altra in grado di separare gli analiti di interesse.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

Non studiato

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 93,2 % (CV = 4,6 %)
Precisione: 5,4 %
Deviazione: - 7 %
Incertezza complessiva: 17,8 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Non è confermata l'applicabilità del metodo per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,2 l/min), la quantità di acetato di 1-metilbutile raccolta sarà di 1 620 μg/campione, quantità non compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1] e [2]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 340 mg/m³ a 1 460 mg/m³. Questo intervallo concorda solo in parte con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

2005_1599_IT.indd 239 10-10-2006 17:55:37

ACETATO DI 1-METILBUTILE (Acetato di sec-amile) **N. CAS: 626-38-0**	**SCHEDA N. 47** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 270 mg/m³, 20 ppm	**VL (breve termine): 540 mg/m³, 100 ppm**

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni prelevati da atmosfere generate senza umidità e a una concentrazione compresa tra 340 mg/m³ e 1 460 mg/m³ di acetato di 1-metilbutile, per campioni di 10 l di aria, equivalenti a 3 400 µg/campione e 14 600 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 18 campioni nell'intervallo da 3 300 µg/campione a 13 000 µg/campione.

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **96 l**, per concentrazioni comprese tra VL 0,1 (27 mg/m³) e VL 0,5 (135 mg/m³), e **24 l** per concentrazioni comprese tra VL 0,5 (135mg/m³) e VL 2 (540 mg/m³), a una portata tra 0,1 e 0,2 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] NIOSH, *Esters I,* Method 14502.

[2] Documentation of the NIOSH Validation Tests, S. 31, DHEW (NIOSH) Publication n.77-185.

ALTRI METODI

[3] INST, *Determinazione di esteri III (acetato di n-propile, acetato di iso-amile, acetato di n-amile) nell'aria. Metodo di adsorbimento in carbone attivo/gas-cromatografia,* MTA/MA – 041/A99.

2005_1599_IT.indd 240 10-10-2006 17:55:37

ACETATO DI PENTILE (Acetato di n-amile)
N. CAS: 628-63-7

SCHEDA N. 48
Ottobre 2004

VL (8 h): 270 mg/m³, 20 ppm

VL (breve termine): 540 mg/m³, 100 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 2 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 0,1 l/min. Il campione può essere conservato a temperatura ambiente per 15 giorni. L'acetato di pentile viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di acetato di pentile nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 27 mg/m³ a 540 mg/m³, per campioni di 2 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri esteri, come l'acetato di n-propile e l'acetato di iso-pentile [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100 mg/50 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: 0,1 l/min
Volume raccomandato: 2 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o qualunque altra in grado di separare gli analiti di interesse.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano a temperatura ambiente e si analizzano entro i 15 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 96,5 % (CV = 1,8 %)
Precisione: 2,5 %
Deviazione: - 5,7 %
Incertezza complessiva: 10,7 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Il metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata raccomandata (0,1 l/min), la quantità di acetato di pentile raccolta sarà di 810 µg/campione, quantità non compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

2005_1599_IT.indd 241 10-10-2006 17:55:38

ACETATO DI PENTILE (Acetato di n-amile) **N. CAS: 628-63-7**	**SCHEDA N. 48** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 270 mg/m³, 20 ppm	**VL (breve termine): 540 mg/m³, 100 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 27 mg/m³ a 540 mg/m³. Questo intervallo concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni di 2 l di aria, catturati in atmosfere generate, con e senza umidità, in un intervallo di concentrazione da 27 mg/m³ a 540 mg/m³ di acetato di pentile, equivalenti a 54 µg/campione e 1 080 µg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 24 campioni nell'intervallo da 44 µg/campione a 1 020 µg/campione.

RIFERIMENTI

[1] INST, *Determinazione di esteri III (acetato di n-propile, acetato di iso-amile, acetato di n-amile) nell'aria. Metodo di adsorbimento in carbone attivo/gas-cromatografia,* MTA/MA – 041/A99.

ALTRI METODI

[2] NIOSH, *Esteri I,* Method 14502 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 242 10-10-2006 17:55:38

ACETATO DI 3-PENTILE
N. CAS: 620-11-1

SCHEDA N. 49
Ottobre 2004

VL (8 h): 270 mg/m³, 20 ppm

VL (breve termine): 540 mg/m³, 100 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 2 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 0,1 l/min. Il campione può essere conservato a temperatura ambiente per 15 giorni. L'acetato di 3-pentile viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di acetato di 3-pentile nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 27 mg/m³ a 540 mg/m³, per campioni di 2 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri esteri, come l'acetato di n-propile e l'acetato di iso-pentile [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100 mg/50 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: 0,1 l/min
Volume raccomandato: 2 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o qualunque altra in grado di separare gli analiti di interesse.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano a temperatura ambiente e si analizzano entro i 15 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

EEfficienza di desorbimento: 96,5 % (CV = 1,8 %)
Precisione: 2,5 %
Deviazione: - 5,7 %
Incertezza complessiva: 10,7 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Il metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata raccomandata (0,1 l/min), la quantità di acetato di 3-pentile raccolta sarà di 810 µg/campione, quantità non compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

2005_1599_IT.indd 243 10-10-2006 17:55:38

ACETATO DI 3-PENTILE **N. CAS: 620-11-1**	**SCHEDA N. 49** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 270 mg/m³, 20 ppm	**VL (breve termine): 540 mg/m³, 100 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

I dati, sia dell'efficienza di desorbimento sia della precisione, deviazione e incertezza complessiva, corrispondono a quelli ottenuti per l'acetato di pentile all'atto della validazione dello stesso. Poiché l'acetato di 3-pentile ha lo stesso valore limite e si presuppone un comportamento simile nella cattura in carbone attivo e nel successivo desorbimento con solfuro di carbonio, si assumono per entrambi gli acetati gli stessi dati di validazione.

RIFERIMENTI

[1] INST, *Determinazione di esteri III (acetato di n-propile, acetato di iso-amile, acetato di n-amile) nell'aria. Metodo di adsorbimento in carbone attivo/gas-cromatografia,* MTA/MA – 041/A99.

ALTRI METODI

[2] NIOSH, *Esteri I,* Method 14502 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 244 10-10-2006 17:55:38

ACETATO DI TER-AMILE
N. CAS: 625-16-1

SCHEDA N. 50
Ottobre 2004

VL (8 h): 270 mg/m³, 20 ppm

VL (breve termine): 540 mg/m³, 100 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 2 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 0,1 l/min. Il campione può essere conservato a temperatura ambiente per 15 giorni. L'acetato di ter-amile viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di acetato di ter-amile nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 27 mg/m³ a 540 mg/m³, per campioni di 2 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri esteri, come l'acetato di n-propile e l'acetato di iso-pentile [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100 mg/50 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: 0,1 l/min
Volume raccomandato: 2 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o qualunque altra in grado di separare gli analiti di interesse.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano a temperatura ambiente e si analizzano entro i 15 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 96,5 % (CV = 1,8 %)
Precisione: 2,5 %
Deviazione: - 5,7 %
Incertezza complessiva: 10,7 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Il metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata raccomandata (0,1 l/min), la quantità di acetato di ter-amile raccolta sarà di 810 μg/campione, quantità non compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

2005_1599_IT.indd 245 10-10-2006 17:55:39

ACETATO DI TER-AMILE **N. CAS: 625-16-1**	**SCHEDA N. 50** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 270 mg/m³, 20 ppm	**VL (breve termine): 540 mg/m³, 100 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

I dati, sia dell'efficienza di desorbimento sia della precisione, deviazione e incertezza complessiva, corrispondono a quelli ottenuti per l'acetato di pentile all'atto della validazione dello stesso. Poiché l'acetato di ter-amile ha lo stesso valore limite e si presuppone un comportamento simile nella cattura in carbone attivo e nel successivo desorbimento con solfuro di carbonio, si assumono per entrambi gli acetati gli stessi dati di validazione.

RIFERIMENTI

[1] INST, *Determinazione di esteri III (acetato di n-propile, acetato di iso-amile, acetato di n-amile) nell'aria. Metodo di adsorbimento in carbone attivo/gas-cromatografia,* MTA/MA – 041/A99.

ALTRI METODI

[2] NIOSH, *Esteri I,* Method 14502 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 246 10-10-2006 17:55:39

XILENI (Miscela di isomeri)
N. CAS: 1330-20-7

SCHEDA N. 51
Ottobre 2004

VL (8 h): 221 mg/m³, 20 ppm

VL (breve termine): 442 mg/m³, 100 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 10 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il campione può essere conservato refrigerato per 21 giorni. Lo xilene viene desorbito con solfuro di carbonio e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di xilene nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 22 mg/m³ a 450 mg/m³, per campioni di 10 l di aria [1].

Inoltre, questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri idrocarburi aromatici, come l'etilbenzene, il benzene, il toluene e l'1,2,4-trimetilbenzene [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100 mg/50 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 10 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di solfuro di carbonio.
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o qualunque altra in grado di separare gli analiti di interesse.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano refrigerati e si analizzano entro i 21 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 98,5 % (CV = 1 %)
Precisione: 1,3 %
Deviazione: - 7,6 %
Incertezza complessiva: 10,2 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo può essere utilizzato per misurare concentrazioni confrontabili con il VL di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,2 l/min), la quantità di xilene raccolta sarà di 1 326 μg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

2005_1599_IT.indd 247 10-10-2006 17:55:39

XILENI (Miscela di isomeri) **N. CAS: 1330-20-7**	**SCHEDA N. 51** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 221 mg/m³, 20 ppm	**VL (breve termine): 442 mg/m³, 100 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

I dati, sia dell'efficienza di desorbimento sia della precisione, deviazione e incertezza complessiva, corrispondono a quelli ottenuti per il p-xilene all'atto della validazione dello stesso. Poiché l'o-xilene, l'm-xilene, il p-xilene e lo xilene miscela hanno lo stesso valore limite e si presuppone un comportamento simile nella cattura in carbone attivo e nel successivo desorbimento con solfuro di carbonio, si assumono per gli xileni gli stessi dati di validazione.

RIFERIMENTI

[1] INSHT, *Determinazione di idrocarburi aromatici (benzene, toluene, etilbenzene, p-xilene, 1,2,4-trimetilbenzene) nell'aria. Metodo di adsorbimento in carbone attivo/gas-cromatografia,* MTA/MA – 030/A92.

ALTRI METODI

[2] OSHA, *Xileni (o-,m-,p-xilene), Ethylbenzene,* Method 1002 [*tubo di carbone attivo/gas-cromatografia (FID)*].

2005_1599_IT.indd 248 10-10-2006 17:55:39

SULFOTEP (TEDP)
N. CAS: 3689-24-5

SCHEDA N. 52
Ottobre 2004

VL (8 h): 0,1 mg/m³

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione si raccoglie facendo passare 240 l di aria attraverso un campionatore, costituito da un filtro di quarzo e da un tubo riempito con XAD-2, mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 1 l/min. Il campione viene desorbito con una soluzione di toluene/acetone e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore fotometrico (FPD).

CAMPO DI APPLICAZIONE

Non è verificata l'applicabilità del metodo [1] al Sulfotep.

Il metodo [1] consente la determinazione contemporanea di altri pesticidi organofosforati.

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: filtro di quarzo + tubo adsorbente con XAD-2 (270 mg/140 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo P
Portata raccomandata: 1 l/min
Volume raccomandato: 240 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 2 ml di una soluzione toluene/acetone (9:1).
Tecnica analitica: gas-cromatografia con rivelatore fotometrico (FPD) e colonna capillare DB-5, DB-1, DB-1701, DB-210 o simile.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

Non studiato

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: non si dispone di dati
Precisione: non si dispone di dati
Deviazione: non si dispone di dati
Incertezza complessiva: non si dispone di dati

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione complessa
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo non è validato per il Sulfotep (o TEDP), sebbene lo sia per un ampio numero di pesticidi organofosforati (19 in totale), per i quali si sono ottenute, per campioni di 240 litri di aria, a 1 l/min nell'intervallo di concentrazione studiato, una deviazione inferiore al 10 % e una precisione complessiva inferiore al 7,1 %.

Questa validazione è stata effettuata su campioni aggiunti, sui quali si sono fatti circolare 240 l di aria, con e senza umidità.

I campioni dei pesticidi organofosforati studiati sono stabili almeno per 10 giorni, se conservati a temperatura ambiente, e per 30 giorni se conservati a 0 °C.

2005_1599_IT.indd 249 10-10-2006 17:55:40

SULFOTEP (TEDP) **N. CAS: 3689-24-5**	**SCHEDA N. 52** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 0,1 mg/m³	

ADATTAMENTO DEL METODO:

Sebbene nel metodo validato non venga fissato un volume di campionamento per il Sulfotep, sono stati suggeriti 240 l, trattandosi del volume raccomandato per la maggior parte dei pesticidi organofosforati [1] e situandosi al di sotto del volume massimo raccomandato per il Sulfotep in un altro metodo parzialmente validato [2].

RIFERIMENTI

[1] NIOSH, «Organophosphorous Pesticides», *Manual of Analytical Methods*, 4th ed., Method 5600.

[2] OSHA, *Chemical Sampling Information, TEDP*, IMIS: 2327.

2005_1599_IT.indd 250 10-10-2006 17:55:40

FLUORURO DI IDROGENO
N. CAS: 7664-39-3

SCHEDA N. 53
Ottobre 2004

VL (8 h): 1,5 mg/m³, 1,8 ppm

VL (breve termine): 2,5 mg/m³, 3 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare un volume minimo di 120 l di aria attraverso un filtro di PTFE e un filtro di cellulosa impregnato con una soluzione di carbonato di sodio e glicerina, mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 2 l/min. Il filtro di PTFE viene smaltito, mentre il filtro impregnato viene estratto con acqua deionizzata, si aggiunge una soluzione tampone di bicarbonato/carbonato e si analizza con cromatografia ionica, mediante un rivelatore di conduttività.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di fluoruro di idrogeno nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 0,15 mg/m³ a 3 mg/m³, per campioni di 120 l di aria [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: campionatore per inalabili, contenente un filtro di PTFE da 1 µm e un filtro di cellulosa (carta) impregnato con una soluzione di carbonato di sodio 1 M e glicerina al 5 % (v/v).
Pompa di campionamento: personale tipo P
Portata raccomandata: 2 l/min
Volume raccomandato: a partire da 120 l

ANALISI

Preparazione: estrazione del filtro impregnato con 25 ml di acqua deionizzata, agitazione per 30 minuti e aggiunta di una soluzione tampone di bicarbonato/carbonato.
Tecnica analitica: cromatografia ionica con rivelatore di conduttività e colonna di separazione di anioni.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni sono stabili e non richiedono condizioni speciali di stoccaggio. Le condizioni di stoccaggio non sono indicate nel metodo [1].

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Recupero: 97,5 % (CV = 7,0 %)
Precisione: 9,7 %
Deviazione: 5 %
Incertezza complessiva: 24,4 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione complessa
Costo economico: elevato

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo è applicabile anche per il confronto con il valore limite di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata raccomandata (2 l/min), la quantità raccolta sarà di 75 µg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

Nel filtro di PTFE viene catturata la materia particellare (fluoruri particellari), mentre nel filtro impregnato di carbonato sodico e glicerina vengono catturate le nebbie di acido fluoridrico, il fluoruro di idrogeno e altri fluoruri gassosi.

2005_1599_IT.indd 251 10-10-2006 17:55:40

FLUORURO DI IDROGENO **N. CAS: 7664-39-3**	**SCHEDA N. 53** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 1,5 mg/m³, 1,8 ppm	**VL (breve termine): 2,5 mg/m³, 3 ppm**

I diametri dei filtri dell'elemento di cattura devono essere adatti al campionatore per inalabili utilizzato (in genere, di 25 o 37 mm).

In alternativa, quando non vi è esposizione a nebbie di acido fluoridrico, la cattura può essere effettuata mediante una cassetta di polistirolo in 3 pezzi e utilizzando un filtro di una miscela di esteri di cellulosa per eliminare la materia particellare.

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il recupero e la precisione analitica indicati nella scheda corrispondono a 36 filtri addizionati con quantità di fluoruro comprese tra i 7,5 μg/filtro e i 300 μg/filtro.

INFORMAZIONI ADDIZIONALI: [1]

Nel riferimento [1] è indicato che l'analisi del fluoruro può egualmente essere effettuata per potenziometria con elettrodo specifico. Nell'analisi potenziometrica, la precisione analitica ottenuta nella validazione con 36 filtri impregnati, addizionati con quantità di fluoruro comprese tra 7,5 μg F/filtro e 300 μg F/filtro è risultata dell'8,5 %.

In questo caso, il filtro viene estratto con 5 ml di acido cloridrico 2,5 M durante 30 minuti con agitazione occasionale. Si aggiungono 25 ml di soluzione di citrato sodico 1 M e si lascia in riposo per 1 ora con agitazione occasionale. Si filtra e si diluisce con acqua deionizzata.

RIFERIMENTI

[1] HSE, «Hydrogen fluoride and fluorides in air», *Methods for the determination of hazardous substances*, MDHS 35/2.

ALTRI METODI

[2] NIOSH, «Acids, Inorganic», *Manual of Analytical Methods*, 4th ed., Method 7903.

[3] Cassinelli, M.E., *Laboratory Evaluation of Silica Gel Sorbent Tubes for Sampling Hydrogen Fluoride,* Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 1986, 47 (4), 219-224.

[4] INSHT, «*Determinazione contemporanea di anioni di acidi inorganici nell'aria. Metodo di adsorbimento in gel di silice/cromatografia ionica*», Metodi di prelievo campioni e di analisi, MTA/MA – 019/A90.

2005_1599_IT.indd 252 10-10-2006 17:55:40

ARGENTO, metallico
N. CAS: 7440-22-4

SCHEDA N. 54-I
Ottobre 2004

VL (8 h): 0,1 mg/m³

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare un volume di aria attraverso un filtro a membrana di esteri di cellulosa, mediante una pompa di campionamento personale a una portata da 1 a 2 l/min. Il campione viene trattato con acido nitrico concentrato a caldo e successivamente con acido cloridrico, viene diluito con acqua deionizzata e la soluzione risultante viene analizzata per aspirazione alla fiamma di uno spettrofotometro ad assorbimento atomico.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di argento in un intervallo di concentrazione da 0,01 mg/m³ a 0,2 mg/m³, per campioni compresi tra 20 e 100 l di aria [1].

Questo metodo determina congiuntamente l'argento metallico e i sali di argento [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: filtro a membrana di esteri di cellulosa con porosità di 0,8 µm e diametro di 37 mm
Pompa di campionamento: personale tipo P
Portata raccomandata: tra 1 e 2 l
Volume raccomandato: tra 20 e 100 l

ANALISI

Preparazione: digestione con 5 ml di acido nitrico conc. a caldo fino quasi all'essiccazione, aggiunta di 1,5 ml di acido cloridrico conc., leggero riscaldamento e diluizione fino a 10 ml con acqua deionizzata.
Tecnica analitica: spettrofotometria di assorbimento atomico con fiamma.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

Non vengono indicate precauzioni specifiche.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Precisione: 8,3 %
Deviazione: - 2,2 %
Incertezza complessiva: 18,8 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: elevato

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a 270 filtri addizionati con quantità di argento comprese tra 1 e 4 µg/filtro.

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

2005_1599_IT.indd 253 10-10-2006 17:55:41

ARGENTO, metallico **N. CAS: 7440-22-4**	**SCHEDA N. 54-I** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 0,1 mg/m³	

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **100 l**, per concentrazioni comprese tra VL 0,1 (0,01 mg/m³) e VL 0,5 (0,05 mg/m³), e **20 l** per concentrazioni comprese tra VL 0,5 (0,05mg/m³) e VL 2 (0,2 mg/m³), a una portata tra 1 e 2 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] OSHA, *Metal & Metalloid Particulates in Workplace Atmospheres (Atomic Absorption)*, Sampling & Analytical Methods, Method N° ID-121.

ALTRI METODI

[2] INSHT, *Determinazione di metalli e dei loro composti ionici nell'aria. Metodo del filtro a membrana/spettrofotometria di assorbimento atomico*, Metodi di prelievo campioni e di analisi, MTA/MA – 025/A92.

[3] OSHA, *ICP Analysis of Metal/Metalloid Particulates from Solder Operations*, Sampling & Analytical Methods, Method N° ID-206.

[4] OSHA, *ICP Backup Data Report for OSHA Method N° ID-206 for Soldering-Brazing Matrices (ARL 3560).*

[5] NIOSH, «Elements by ICP», *Manual of Analytical Methods*, 4th ed., Method 7300.

2005_1599_IT.indd 254 10-10-2006 17:55:41

ARGENTO, metallico
N. CAS: 7440-22-4

SCHEDA N. 54-2
Ottobre 2004

VL (8 h): 0,1 mg/m³

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare un volume di aria attraverso un filtro a membrana di esteri di cellulosa, mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 2 l/min. Il campione viene trattato con una miscela di acido cloridrico e di acido nitrico concentrati a caldo, viene diluito con acqua deionizzata e la soluzione risultante viene analizzata con plasma accoppiato induttivamente-spettroscopia di emissione atomica.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di argento in un intervallo di concentrazione da 0,01 mg/m³ a 0,2 mg/m³, per campioni compresi tra 50 e 220 litri di aria [1].

Questo metodo determina congiuntamente l'argento metallico e i sali di argento.

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: filtro a membrana di esteri di cellulosa con porosità di 0,8 µm e diametro di 37 mm
Pompa di campionamento: personale tipo P
Portata raccomandata: 2 l/min
Volume raccomandato: tra 50 l e 220 l

ANALISI

Preparazione: trattamento del filtro con 8 ml di acido cloridrico e 2 ml di acido nitrico concentrati a caldo. Si riduce il volume fino a 0,5 ml, si aggiungono 3 ml di acido cloridrico concentrato e si diluisce fino a 10 ml con acqua deionizzata.
Tecnica analitica: plasma accoppiato induttivamente-spettroscopia di emissione atomica (ICP-AES).

TRASPORTO E STOCCAGGIO

Non vengono indicate precauzioni specifiche.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Precisione: 6,6 % [1]
Deviazione: 3,6 % [1]
Incertezza complessiva: 16,9 % [1]

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: elevato

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a 18 filtri addizionati con quantità di argento comprese tra 2,2 e 10,1 µg/filtro.

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

2005_1599_IT.indd 255 10-10-2006 17:55:41

ARGENTO, metallico **N. CAS: 7440-22-4**	**SCHEDA N. 54-2** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 0,1 mg/m³	

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **220 l**, per concentrazioni comprese tra VL 0,1 (0,01 mg/m³) e VL 0,5 (0,05 mg/m³), e **50 l** per concentrazioni comprese tra VL 0,5 (0,05mg/m³) e VL 2 (0,2 mg/m³), a una portata tra 1 e 2 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] OSHA, *ICP Backup Data Report for OSHA Method N° ID-206 for Soldering-Brazing Matrices (ARL 3560).*

[2] OSHA, *ICP Analysis of Metal/Metalloid Particulates from Solder Operations*, Sampling & Analytical Methods, Method N° ID-206.

ALTRI METODI

[3] NIOSH, «Elements by ICP», *Manual of Analytical Methods*, 4th ed., Method 7300.

[4] INSHT, *Determinazione di metalli e dei loro composti ionici nell'aria. Metodo del filtro a membrana/spettrofotometria di assorbimento atomico*, Metodi di prelievo campioni e di analisi, MTA/MA – 025/A92.

[5] OSHA, *Metal & Metalloid Particulates in Workplace Atmospheres (Atomic Absorption*), Method N° ID-121.

2005_1599_IT.indd 256 10-10-2006 17:55:42

CLORURO DI IDROGENO
N. CAS: 7647-01-0

SCHEDA N. 55
Ottobre 2004

VL (8 h): 8 mg/m³, 5 ppm

VL (breve termine): 15 mg/m³, 10 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 15 l di aria attraverso un tubo riempito con 400/200 mg di gel di silice, preceduto da un tappo di lana di vetro silanizzata, mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 0,2 l/min. Il campione può essere conservato a temperatura ambiente per 21 giorni. Il campione viene desorbito a caldo con una soluzione tampone di bicarbonato/carbonato e la soluzione risultante viene analizzata in un cromatografo ionico attrezzato con rivelatore di conduttività.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di cloruro di idrogeno in un intervallo di concentrazione da 0,8 mg/m³ a 16 mg/m³, per campioni di 15 l di aria [1].

Questo metodo consente la determinazione contemporanea degli anioni di altri acidi inorganici come: il fluoruro di idrogeno, il bromuro di idrogeno, l'acido nitrico, l'acido ortofosforico e l'acido solforico [1].

.

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo di gel di silice (400/200mg) di 20/40 maglie, preceduto da un tappo di lana di vetro silanizzata (o da un filtro in fibra di vetro del diametro di 6 mm e dello spessore di 1 mm)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: 0,2 l/min
Volume raccomandato: 15 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento congiunto della prima sezione di gel di silice e del tappo di lana di vetro, con 10 ml di soluzione tampone di bicarbonato/carbonato (1,7 mM/ 1,8 mM) per 10 minuti in un bagno di acqua bollente.
Tecnica analitica: cromatografia ionica con rivelatore di conduttività e colonna di separazione di anioni.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano a temperatura ambiente e si analizzano entro i 21 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Precisione: 5,9 %
Deviazione: Non disponibile
Incertezza complessiva: Non disponibile

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: elevato

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo è applicabile anche per il confronto con il valore limite di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata raccomandata (0,2 l/min), la quantità raccolta sarà di 4,5 μg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

Le particelle di sali di cloruro di idrogeno interferiscono.

2005_1599_IT.indd 257 10-10-2006 17:55:42

CLORURO DI IDROGENO **N. CAS: 7647-01-0**	**SCHEDA N. 55** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 8 mg/m³, 5 ppm	**VL (breve termine): 15 mg/m³, 10 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 0,14 mg/m³ a 14 mg/m³. Questo intervallo comprende l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

La precisione annotata nella scheda corrisponde al complesso dei campioni catturati in un intervallo di concentrazione da 0,14 mg/m³ a 14 mg/m³ di cloruro di idrogeno.

Le particelle di sali di cloruro di idrogeno, se presenti, vengono catturate nel tappo di lana di vetro silanizzata (o nel filtro in fibra di vetro).

INFORMAZIONI ADDIZIONALI:

Il metodo NIOSH 7903 [1] non specifica il volume di campionamento per il cloruro di idrogeno, tuttavia si afferma che si tratta di un formato rivisto del P&CAM 339 [4], nel quale invece si raccomanda un volume di cattura di 15 litri, volume che compare come raccomandato nella scheda.

RIFERIMENTI

[1] NIOSH, «Acids, Inorganic», *Manual of Analytical Methods*, 4th ed., Method 7903.

ALTRI METODI

[2] INSHT, *Determinazione contemporanea di anioni di acidi inorganici nell'aria. Metodo di adsorbimento in gel di silice/cromatografia ionica,* Metodi di prelievo campioni e di analisi, MTA/MA – 019/A90.

[3] DFG, «Volatile inorganic acids (HCl, HBr, HNO_3)», *Analysis of hazardous substances in air*, vol. 6, pag 211.

[4] NIOSH, «Inorganic Acids», *Manual of Analytical Methods*, 2nd ed., vol.7, P& CAM 339.

2005_1599_IT.indd 258 10-10-2006 17:55:42

ACIDO ORTOFOSFORICO
N. CAS: 7664-38-2

SCHEDA N. 56
Ottobre 2004

VL (8 h): 1 mg/m³

VL (breve termine): 2 mg/m³

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 420 l di aria attraverso un filtro di quarzo, mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 3,5 l/min. I campioni possono essere conservati, come minimo, per una settimana a temperatura ambiente e per 28 giorni se refrigerati. Il campione viene desorbito con una soluzione tampone di bicarbonato/carbonato e la soluzione risultante filtrata viene analizzata in un cromatografo ionico attrezzato con rivelatore di conduttività.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di acido ortofosforico in un intervallo di concentrazione da 0,1 mg/m³ a 2 mg/m³, per campioni di 420 l di aria [1].

Questo metodo consente la determinazione contemporanea di acido solforico [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: portafiltri o cassetta con un filtro di quarzo del diametro di 37 mm
Pompa di campionamento: personale tipo P
Portata raccomandata: 3,5 l/min
Volume raccomandato: 420 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento del filtro con 4 ml di soluzione di bicarbonato/carbonato (0,3 mM/2,7 mM), agitare con cura, tenere per 15 minuti in un bagno ultrasonico e filtrare la soluzione.
Tecnica analitica: cromatografia ionica con rivelatore di conduttività.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni preparati per deposizione non presentano perdite quando vengono conservati per 4 settimane, per la prima settimana a temperatura ambiente e per il resto del tempo refrigerati.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Precisione: 3,2 %
Deviazione: - 3 %
Incertezza complessiva: 9,4 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: elevato

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Questo metodo può essere utilizzato per il confronto con il valore limite di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata raccomandata (3,5 l/min), la quantità raccolta sarà di 105 µg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

Le particelle di sali dell'acido ortofosforico interferiscono.

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]:

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 0,01 mg/m³ a 2 mg/m³. Questo intervallo comprende l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

2005_1599_IT.indd 259 10-10-2006 17:55:43

ACIDO ORTOFOSFORICO **N. CAS: 7664-38-2**		**SCHEDA N. 56** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 1 mg/m³	**VL (breve termine): 2 mg/m³**	

Il metodo è stato validato, con campioni preparati per deposizione, per la determinazione di acido ortofosforico in un intervallo di concentrazione da 0,01 mg/m³ a 2 mg/m³, per campioni di 420 l di aria, equivalenti a 4,2 µg/campione e 840 µg/campione.

RIFERIMENTI

[1] DFG, «Inorganic acids mists (H_2SO_4, H_3PO_4)», *Analysis of hazardous substances in air*, vol. 6, pag. 67.

ALTRI METODI

[2] NIOSH, «Acids, Inorganic», *Manual of Analytical Methods*, 4th ed., Method 7903.

[3] INSHT, *Determinazione contemporanea di anioni di acidi inorganici nell'aria. Metodo di adsorbimento in gel di silice/cromatografia ionica,* Metodi di prelievo campioni e di analisi, MTA/MA – 019/A90.

[4] OSHA, *Acid mist in workplace atmospheres*, Method Nº ID-165SG.

2005_1599_IT.indd 260 10-10-2006 17:55:43

AMMONIACA, anidra
N. CAS: 7664-41-7

SCHEDA N. 57
Ottobre 2004

VL (8 h): 14 mg/m³, 20 ppm

VL (breve termine): 36 mg/m³, 50 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare un volume di aria attraverso un tubo riempito con 500/250 mg di sfere di carbone trattate con acido solforico, preceduto da un filtro a membrana di esteri di cellulosa con diametro di 37 mm e porosità di 0,8 micra, mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 0,5 l/min. Il campione può essere conservato, come minimo, per un mese a temperatura ambiente. Il campione viene desorbito con acqua deionizzata e la soluzione risultante viene analizzata in un cromatografo ionico attrezzato con rivelatore di conduttività.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di ammoniaca in un intervallo di concentrazione da 2,8 mg/m³ (VL 0,2) a 28 mg/m³ (VL 2), per campioni compresi tra 60 e 160 litri di aria [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: filtro di una miscela di esteri di cellulosa con porosità di 0,8 µm e diametro di 37 mm + tubo di sfere di carbone (500/250 mg) di 20/30 maglie impregnate con acido solforico
Pompa di campionamento: personale tipo polivalente
Portata raccomandata: 0,5 l/min
Volume raccomandato: da 60 a 160 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento di ogni sezione del tubo con 10 ml di acqua deionizzata. Agitare energicamente per 30 secondi e lasciar riposare per almeno 1 ora.
Tecnica: cromatografia ionica con rivelatore di conduttività e colonna di separazione di cationi.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano a temperatura ambiente e si analizzano entro i 29 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 99,7 % (CV= 3,1 %) [2]
Precisione: 7,7 % [2]
Deviazione: 3,4 % [2]
Incertezza complessiva: 18,8 % [2]

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: elevato

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Non è verificata l'applicabilità del metodo per effettuare misurazioni da confrontare con il valore limite di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata raccomandata (0,5 l/min), la quantità raccolta sarà di 270 µg/campione, quantità non compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

Il filtro è utilizzato per eliminare le interferenze di particelle o di sali di ammonio [1].

2005_1599_IT.indd 261 10-10-2006 17:55:43

AMMONIACA, anidra **N. CAS: 7664-41-7**	**SCHEDA N. 57** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 14 mg/m³, 20 ppm	**VL (breve termine): 36 mg/m³, 50 ppm**

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1] [2]

Il metodo [1] è validato per l'intervallo di concentrazioni da 21,8 mg/m³ a 72,2 mg/m³. Questo intervallo non concorda con l'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni di 21 l di aria, catturati a 0,1 l/min in atmosfere generate, con umidità media del 50 % e in un intervallo di concentrazione da 21,8 mg/m³ a 72,2 mg/m³ di ammoniaca, equivalenti a 460 μg/campione e 1 520 μg/campione [2].

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 20 campioni nell'intervallo da 350 μg/campione a 1 640 μg/campione [2].

Nella cattura di campioni di 183 mg/m³, generati con un'umidità del 50 % e a 25°C, non è stato osservato nessun *breakthrough*, dopo un campionamento di 335 minuti a una portata di 0,1 l/min (6 000 μg ammoniaca/campione) [1][2].

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si devono campionare almeno **160 l** per concentrazioni comprese tra VL 0,2 (2,8 mg/m³) e VL 0,5 (7 mg/m³) e **60 l** per concentrazioni tra VL 0,5 (7mg/m³) e VL 2 (28 mg/m³), a una portata di 0,5 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda. La portata di 0,5 l/min è quella raccomandata per le misurazioni di breve durata [1] e si può ritenere idonea per catturare il volume di campione necessario.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] OSHA, *Ammonia in workplace atmospheres-solid sorbent*, Method N° ID-188.

[2] OSHA, *Ammonia Backup Data Report,* Method N° ID-188.

ALTRI METODI

[3] NIOSH, «Ammonia», by IC, *Manual of Analytical Methods*, 4th ed., Method 6016, *Cattura con tubo assorbente di gel di silice trattato con acido solforico e analisi per cromatografia ionica.*

[4] NIOSH, «Ammonia», *Manual of Analytical Methods*, 2nd ed., vol. 5, Method S347, *Cattura con tubo di gel di silice trattato con acido solforico e analisi potenziometrica dello ione ammonio.*

[5] DFG, «Ammonia», *Analysis of hazardous substances in air*, vol. 2, 31-41, *Cattura mediante una soluzione di acido solforico e analisi colorimetrica dello ione ammonio.*

[6] INRS, *Ammoniac et sels d'amonium*, scheda 013, *Cattura con filtro di quarzo impregnato di acido solforico e glicerina e analisi per cromatografia ionica.*

2005_1599_IT.indd 262 10-10-2006 17:55:44

FLUORO
N. CAS: 7782-41-4

SCHEDA N. 58
Ottobre 2004

VL (8 h): 1,58 mg/m³, 1 ppm

VL (breve termine): 3,16 mg/m³, 2 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare un volume massimo di 480 l di aria attraverso un gorgogliatore sinterizzato contenente una soluzione diluita di idrossido sodico, mediante una pompa di campionamento personale a una portata massima di 1 l/min. Nella soluzione risultante, il contenuto in ione fluoruro viene sottoposto ad analisi potenziometrica con un elettrodo specifico.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Non determinato.

Questo metodo consente la cattura e la determinazione congiunta di fluoro, fluoruro di idrogeno e altri fluoruri gassosi.

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: gorgogliatore sinterizzato contenente 15 ml di idrossido di sodio 0,1N [1]
Pompa di campionamento: personale tipo P
Portata raccomandata: massimo 1 l/min [1]
Volume raccomandato: massimo 480 l [1]

ANALISI

Preparazione: la soluzione campione di ogni gorgogliatore viene diluita a 25 ml con NaOH 0,1N. Si preleva un volume dalla soluzione risultante e si mescola con uno stesso volume di TISAB (tampone per la regolazione della forza ionica totale) [2].
Tecnica analitica: potenziometrica con elettrodo di ione specifico di fluoruro [2].

TRASPORTO E STOCCAGGIO

Non studiato

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficacia di cattura: non si dispone di dati
Precisione: non si dispone di dati
Deviazione: non si dispone di dati
Incertezza complessiva: non si dispone di dati

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: basso

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Il fluoro si trasforma in ione fluoruro gorgogliando attraverso una soluzione di idrossido sodico e se ne può determinare la concentrazione equivalente applicando un metodo per il fluoruro di idrogeno o per i fluoruri.

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1] [2]

Il metodo di prelievo campioni e di analisi indicato nella scheda non è validato nel suo complesso.

2005_1599_IT.indd 263 10-10-2006 17:55:44

FLUORO **N. CAS: 7782-41-4**	**SCHEDA N. 58** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 1,58 mg/m³, 1 ppm	**VL (breve termine): 3,16 mg/m³, 2 ppm**

PROPOSTA DI METODO:

Il metodo indicato nella scheda è in realtà una proposta di metodo, poiché attualmente non si dispone di nessun metodo validato per determinare il fluoro.

La proposta consiste nella **cattura** di fluoro in una soluzione diluita di idrossido sodico, come indicato nel riferimento [1], e nella successiva **determinazione potenziometrica** dello ione fluoruro con elettrodo specifico, come indicato nel riferimento [2].

Nel riferimento [1] vengono indicati solo i valori massimi di campionamento: 1 l/min di portata e 480 litri di volume.

NOTA

Il metodo OSHA ID-110 [3], indicato nel riferimento [1], per la determinazione analitica del contenuto di **ione fluoruro**, utilizza un filtro per la cattura del campione, mentre il metodo validato NIOSH S-176 [2], si basa sulla cattura in una soluzione di NaOH 0,1N e sulla successiva determinazione potenziometrica dello ione fluoruro con elettrodo specifico.

RIFERIMENTI

[1] OSHA, *Chemical Sampling Information,* IMIS: 1270, USA.

[2] NIOSH, «Hydrogen Fluoride», *Manual of Analytical Methods*, 2nd ed., vol. 3, Method S-176.

ALTRI METODI

[3] OSHA, *Fluoride (F- and HF) in workplace atmospheres*, Method N° ID-110.

[4] OTEY, M.G., PULLEY, H., *Determination of Gaseous Fluorine in Air*, Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1973; 34, 418-20.

[5] LYON, J.S., *Observations on Personnel Working with Fluorine at a Gaseous Diffusion Plant*, J. of Occup. Med., 1962, vol. 4 (49), 199-201.

2005_1599_IT.indd 264 10-10-2006 17:55:44

SELENIURO DI IDROGENO
N. CAS: 7783-07-5

SCHEDA N. 59
Ottobre 2004

VL (8 h): 0,07 mg/m³, 0,02 ppm

VL (breve termine): 0,17 mg/m³, 0,05 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare un volume di aria attraverso un gorgogliatore sinterizzato contenente 10 ml di acqua deionizzata, a una portata massima di 1 l/min. La soluzione risultante viene analizzata per spettrofotometria di assorbimento atomico con fornetto di grafite.

CAMPO DI APPLICAZIONE

L'intervallo di applicazione non è definito.

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: gorgogliatore sinterizzato contenente 10 ml di acqua deionizzata
Pompa di campionamento: personale tipo P
Portata raccomandata: massimo 1 l l/min
Volume raccomandato: tra 240 l e 480 l

ANALISI

Preparazione: la soluzione campione risultante viene completata fino al volume.
Tecnica analitica: spettrofotometria di assorbimento atomico con fornetto di grafite.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

Non studiato

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Precisione: non si dispone di dati
Deviazione: non si dispone di dati
Incertezza complessiva: non si dispone di dati

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: elevato

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

I dati riportati nella scheda sono quelli indicati nel riferimento bibliografico [1], nel quale si propone di analizzare il selenio corrispondente al seleniuro di idrogeno catturato, applicando il metodo OSHA ID-105 validato per l'arsenico inorganico, tramite assorbimento con fornetto di grafite [2].

INFORMAZIONI ADDIZIONALI

L'OSHA dispone anche, per il prelievo di campioni e l'analisi del selenio nell'aria, di un metodo parzialmente validato, basato sulla determinazione del selenio per assorbimento atomico con fornetto di grafite [3].

RIFERIMENTI

[1] OSHA, *Hydrogen Selenide (as Se)*, IMIS 1474.

[2] OSHA, *Inorganic Arsenic in workplace atmospheres*, Method N° ID-105.

2005_1599_IT.indd 265 10-10-2006 17:55:45

SELENIURO DI IDROGENO **N. CAS: 7783-07-5**	**SCHEDA N. 59** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 0,07 mg/m³, 0,02 ppm	**VL (breve termine): 0,17 mg/m³, 0,05 ppm**

ALTRI METODI

[3] OSHA, *Selenium*, Method Nº ID-1335G.

[4] HETLAND, S. e al., «Species analysis of inorganic compounds in workroom air by Atomic Espectroscopy», *Analytical Sciences*, Supplement 1991, vol.7, 1029-1032.

[5] «Critera document for hydrogen selenide», *Occupational exposure limits*, Health and Safety Report, EUR 14239 EN (1992).

[6] Arbeidsmilj Instituttet, Personal comunication, National Institute of Occupational Health, Glydas vei 8, PB 8149 Dep N-0033 (1990).

2005_1599_IT.indd 266 10-10-2006 17:55:45

BROMURO DI IDROGENO
N. CAS: 10035-10-6

SCHEDA N. 60
Ottobre 2004

VL (breve termine): 6,7 mg/m³, 2 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare un volume di aria attraverso un tubo riempito con 400/200 mg di gel di silice, preceduto da un tappo di lana di vetro silanizzata, mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,2 e 0,5 l/min. Il campione può essere conservato a temperatura ambiente per 21 giorni. Il campione viene desorbito a caldo con una soluzione tampone di bicarbonato/carbonato di sodio e la soluzione risultante viene analizzata in un cromatografo ionico attrezzato con rivelatore di conduttività.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Questo metodo non è sviluppato per il confronto con il valore limite di breve termine (vedere le modifiche al metodo).

Questo metodo è applicabile alla determinazione di bromuro di idrogeno in un intervallo di concentrazione da 2 mg/m³ a 20 mg/m³, per campioni di 50 l di aria [1].

Questo metodo consente la determinazione contemporanea degli anioni di altri acidi inorganici come: il fluoruro di idrogeno, il cloruro di idrogeno, l'acido nitrico, l'acido ortofosforico e l'acido solforico.

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo di gel di silice (400/200mg) di 20/40 maglie, preceduto da un tappo di lana di vetro silanizzata (o da un filtro in fibra di vetro del diametro di 6 mm e dello spessore di 1 mm)
Pompa di campionamento: personale tipo P
Portata raccomandata: tra 0,2 e 0,5 l/min [1]
Volume raccomandato: ≥ 15 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento di ogni sezione del tubo con 10 ml di soluzione di bicarbonato/carbonato (1,7 mM/1,8 mM) per 10 minuti in un bagno di acqua bollente.
Tecnica analitica: cromatografia ionica con rivelatore di conduttività e colonna di separazione di anioni.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano a temperatura ambiente e si analizzano entro i 21 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Precisione: non si dispone di dati
Deviazione: non si dispone di dati
Incertezza complessiva: non si dispone di dati

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: elevato

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Le particelle di sali di bromuro di idrogeno interferiscono.

2005_1599_IT.indd 267 10-10-2006 17:55:45

BROMURO DI IDROGENO
N. CAS: 10035-10-6

SCHEDA N. 60
Ottobre 2004

VL (breve termine): 6,7 mg/m³, 2 ppm

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è stato validato per la determinazione di bromuro di idrogeno nell'intervallo di concentrazione da 2 mg/m³ a 20 mg/m³, per campioni di 50 l di aria, equivalenti a 100 µg/campione e 1 000 µg/campione.

Le particelle di sali di bromuro di idrogeno, se presenti, vengono catturate nel tappo di lana di vetro silanizzata (o nel filtro in fibra di vetro).

NOTE

Non è verificata l'applicabilità del metodo per effettuare misurazioni di bromuro di idrogeno da confrontare con il valore limite di breve termine.

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata massima raccomandata (0,5 l/min), la quantità raccolta sarà di 50 µg/campione, quantità non compresa nell'intervallo di applicazione del metodo. Per aumentare la quantità raccolta a 100 µg/campione (limite inferiore dell'intervallo studiato), sarebbe necessario campionare come minimo 15 l a 1 l/min.

Trattandosi di un gas, bisognerebbe verificare questa modifica calcolando il volume di *breakthrough* a tale portata, poiché esiste un'influenza sulla capacità di cattura del campionatore con l'umidità e la portata.

RIFERIMENTI

[1] NIOSH, «Acids, Inorganic», *Manual of Analytical Methods*, 4th ed., Method 7903.

ALTRI METODI

[2] DFG, «Volatile inorganic acids (HCl, HBr, HNO_3)», *Analysis of hazardous substances in air*, vol. 6, pag. 211, *Cattura con tubo di gel di silice e analisi per cromatografia ionica.*

[3] INSHT, *Determinazione contemporanea di anioni di acidi inorganici nell'aria. Metodo di adsorbimento in gel di silice/cromatografia ionica*, Metodi di prelievo campioni e di analisi, MTA/MA – 019/A90, *Cattura con tubo di gel di silice e analisi per cromatografia ionica.*

[4] NIOSH, «Hydrogen Bromide», *Manual of Analytical Methods*, 2nd ed., vol. 3, Method S-175, *Cattura con impinger e analisi potenziometrica con elettrodo specifico*.

2005_1599_IT.indd 268 10-10-2006 17:55:45

AZOTURO DI SODIO
N. CAS: 26628-22-8

SCHEDA N. 61
Ottobre 2004

VL (8 h): 0,1 mg/m³

VL (breve termine): 0,3 mg/m³

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare un volume di aria attraverso un tubo riempito con 150/75 mg di gel di silice impregnato con una base, preceduto da un prefiltro di PVC, mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 1 l/min. Il campione deve essere inviato al laboratorio quanto prima e conservato in un refrigeratore. Il campione viene desorbito con una soluzione di bicarbonato/carbonato di sodio e la soluzione risultante viene analizzata in un cromatografo ionico attrezzato con rivelatore a ultravioletti.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di azoturo di sodio in un intervallo di concentrazione da 0,01 mg/m³ a 0,2 mg/m³, per campioni tra 15 l e 75 l di aria [1].

Questo metodo determina le particelle di azoturo di sodio (NaN_3) e i vapori di acido idrazoico (HN_3) e se ne può estendere l'applicazione ad altri composti dell'azide.

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: filtro PVC con porosità di 5 μm e diametro di 37 mm + tubo adsorbente di gel di silice (150/75 mg) impregnato di idrossido di sodio.
Pompa di campionamento: personale tipo P
Portata raccomandata: 1 l/min
Volume raccomandato: tra 15 e 75 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento filtro con 5 ml di soluzione di carbonato/bicarbonato (0,9 mM/0,9 mM). Desorbimento congiunto della prima sezione del tubo e del tappo di lana di vetro con 3 ml di soluzione desorbente. In riposo, minimo 60 min, con agitazione occasionale.
Tecnica analitica: cromatografia ionica con rivelatore UV variabile a 210 nm.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando, una volta terminato il campionamento, si conservano a temperatura ambiente e si analizzano entro i 10 giorni successivi alla loro cattura. Tuttavia, si raccomanda di inviarli al laboratorio appena possibile e di conservarli refrigerati fino alla relativa analisi. I campioni refrigerati non presentano perdite significative dopo 30 giorni.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 100,1 % (CV = 2,3 %)
Precisione: 5,3 %
Deviazione: - 4,5 **%**
Incertezza complessiva: 15,1 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione complessa
Costo economico: elevato

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

Il metodo è applicabile per il confronto con il valore limite di breve termine.

2005_1599_IT.indd 269 10-10-2006 17:55:45

AZOTURO DI SODIO **N. CAS: 26628-22-8**	**SCHEDA N. 61** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 0,1 mg/m³	**VL (breve termine): 0,3 mg/m³**

Per tempi di campionamento di 15 minuti, e alla portata raccomandata (1 l/min), la quantità raccolta sarà di 4,5 µg/campione, quantità compresa nell'intervallo di applicazione del metodo.

Il vapore di acido idrazoico (H_3N) coesiste con l'azoturo de sodio (NaN_3) sui luoghi di lavoro, quando si cattura l'azoturo in presenza di umidità. Le particelle di azoturo di sodio vengono catturate nel filtro di PVC o nel tappo di lana di vetro del tubo di campionamento. L'acido idrazoico viene catturato e trasformato in azoturo di sodio nel tubo adsorbente di gel di silice impregnato con idrossido di sodio.

Il prefiltro di PVC può essere sostituito da un filtro in fibra di vetro, di tipo A.

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo è stato validato per campioni di 5 l di aria in un intervallo di concentrazione da 0,057 ppm a 0,263 ppm come acido idrazoico (H_3N), equivalenti a 0,15 mg/m³ e 0,71 mg/m³ come azoturo di sodio (0,75-3,55 µg/campione).

Nella cattura di campioni generati con una concentrazione di acido idrazoico di 0,9 ppm (equivalente a 2,43 mg/m³ come azoturo di sodio), non è stato osservato nessun *breakthrough*, dopo un campionamento di 30 minuti a una portata di 1 l/min (73µg/campione).

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si dovrebbero campionare almeno **75 l**, per concentrazioni comprese tra VL 0,1 (0,01 mg/m³) e VL 0,5 (0,05 mg/m³), e **15 l** per concentrazioni comprese tra VL 0,5 (0,05mg/m³) e VL 2 (0,2 mg/m³), a una portata di 1 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

RIFERIMENTI

[1] OSHA, *Sodium azide and hydrazoic in workplace atmospheres*, Method Nº ID-211.

2005_1599_IT.indd 270 10-10-2006 17:55:46

1-METIL-2-METOSSIETOSSI-PROPANOLO
N. CAS: 34590-94-8

SCHEDA N. 62
Ottobre 2004

VL (8 h): 308 mg/m³, 50 ppm

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare 10 l di aria attraverso un tubo riempito con 100/50 mg di carbone attivo mediante una pompa di campionamento personale a una portata compresa tra 0,1 l/min e 0,2 l/min. Il campione può essere conservato a temperatura ambiente per 15 giorni. Il metil-2-metossietossi-propanolo viene desorbito con 1 ml di diclorometano contenente il 5 % di metanolo e la soluzione risultante viene analizzata in un gas-cromatografo attrezzato con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di vapori di metil-2-metossietossi-propanolo nell'aria, in un intervallo di concentrazione da 30 mg/m³ a 600 mg/m³, per campioni di 10 l di aria [1].

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: tubo standard di carbone attivo (100 mg/50 mg)
Pompa di campionamento: personale tipo G
Portata raccomandata: tra 0,1 l/min e 0,2 l/min
Volume raccomandato: 10 l

ANALISI

Preparazione: desorbimento con 1 ml di diclorometano contenente il 5 % (v/v) di metanolo.
Tecnica: gas-cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma e colonna capillare FFAP o qualunque altra in grado di separare gli analiti di interesse.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite significative quando, una volta terminato il campionamento, si conservano a temperatura ambiente e si analizzano entro i 15 giorni successivi alla loro cattura.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Efficienza di desorbimento: 98,6 % (CV = 1,1 %)
Precisione: 0,1 %
Deviazione: 0,2 %
Incertezza complessiva: 0,4 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

Il metodo [1] è validato per la concentrazione di 606 mg/m³ (VL 2). Questo valore concorda con il limite superiore dell'intervallo di concentrazioni dal VL 0,1 al VL 2 riferito al valore limite attuale per 8 ore.

La precisione e la deviazione annotate nella scheda corrispondono a campioni di 10 l di aria, catturati in atmosfere generate con umidità, e a una concentrazione di 606 mg/m³, equivalente a 6 000 μg/campione.

L'efficienza di desorbimento corrisponde alla media di 30 campioni nell'intervallo da 300 μg/campione a 12 000 μg/campione.

2005_1599_IT.indd 271 10-10-2006 17:55:46

1-METIL-2-METOSSIETOSSI-PROPANOLO N. CAS: 34590-94-8	SCHEDA N. 62 Ottobre 2004
VL (8 h): 308 mg/m³, 50 ppm	

RIFERIMENTI

[1] OSHA, *Dipropylene glycol methyl ether*, Method 101.

2005_1599_IT.indd 272 10-10-2006 17:55:46

FLUORURI, INORGANICI
N. CAS:

SCHEDA N. 63
Ottobre 2004

VL (8 h): 2,5 mg/m³

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare un volume minimo di 150 l di aria attraverso un filtro di esteri di cellulosa e un filtro di cellulosa impregnato con una soluzione di carbonato di sodio e glicerina, mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 2 l/min. I filtri vengono estratti congiuntamente con una soluzione di acido cloridrico e una soluzione di citrato sodico. La soluzione risultante viene analizzata in un potenziometro attrezzato con un elettrodo specifico di ione fluoruro.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di fluoruri totali in un intervallo di concentrazione da 0,25 mg/m³ a 5 mg/m³, per campioni di 150 l di aria [1].

Questo metodo consente la determinazione di fluoruri totali (come F^-), particellari e gassosi, in modo congiunto o differenziato, se i due filtri vengono analizzati separatamente.

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: campionatore per inalabili contenente un filtro di una miscela di esteri di cellulosa da 0,8 µm e un filtro di cellulosa (carta) impregnato con una soluzione di carbonato di sodio 1 M e glicerina al 5 % (v/v)
Pompa di campionamento: personale tipo P
Portata raccomandata: 2 l/min
Volume raccomandato: minimo 150 l/min

ANALISI

Preparazione: estrazione congiunta dei filtri con acido cloridrico 2,5 M durante 30 min. con agitazione occasionale. Aggiungere una soluzione di citrato sodico 1 M e lasciare a riposo per 1 ora con agitazione occasionale. Filtrare e diluire al volume con acqua deionizzata.
Tecnica analitica: potenziometria con elettrodo di ione specifico di fluoruri.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni sono stabili e non richiedono condizioni speciali di stoccaggio.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Recupero: 100,4 % (CV = 3,3 %) F^- particellari e 97,5 % (CV = 7,0 %) F^- gassosi
Precisione: 5,3 % (F^- particellari) e 8,5 % (F^- gassosi)
Deviazione: 5 %
Incertezza complessiva: 15,6 % (F^- particellari) e 22 % (F^- gassosi)

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: basso

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

I diametri dei filtri dell'elemento di cattura devono essere adatti al campionatore per inalabili utilizzato (in genere, di 25 o 37 mm).

Nel filtro a membrana di esteri di cellulosa vengono catturati i fluoruri particellari, mentre nel filtro di cellulosa impregnato di carbonato sodico e glicerina vengono catturate le nebbie di acido fluoridrico, il fluoruro di idrogeno e altri fluoruri gassosi.

2005_1599_IT.indd 273 10-10-2006 17:55:46

FLUORURI, INORGANICI **N. CAS:**	**SCHEDA N. 63** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 2,5 mg/m³	

In alternativa, quando non vi è esposizione a fluoruri gassosi e/o a nebbie di acido fluoridrico, il filtro impregnato può essere eliminato, utilizzando, come elemento di cattura dei fluoruri particellari, soltanto il filtro realizzato con la miscela di esteri di cellulosa.

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

I valori di recupero e precisione analitica indicati nella scheda corrispondono a 36 filtri di cellulosa impregnati, addizionati con quantità di fluoruri comprese tra 7,5 µg/filtro e 300 µg/filtro (fluoruri gassosi) e a 96 filtri a membrana di esteri di cellulosa, addizionati con quantità di fluoruri comprese tra 36 µg/filtro e 4 800 µg/filtro (fluoruri particellari).

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per poter utilizzare i valori di recupero e di precisione del metodo validato, nel caso dei fluoruri particellari, e associarli al valore limite attuale per 8 ore, è necessario stabilire un volume di campionamento raccomandato. Affinché corrisponda la quantità catturata, in concentrazioni di fluoruri particellari nell'aria da VL 0,1 a VL 2, si devono campionare almeno **150 l**, a una portata di 2 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

INFORMAZIONI ADDIZIONALI:

Alcuni fluoruri particellari possono essere solubilizzati solo mediante un trattamento del campione più energico, per esempio una fusione alcalina. In questi casi si dovrebbe applicare un metodo alternativo [2].

RIFERIMENTI

[1] HSE, *Hydrogen fluoride and fluorides in air*, MDHS 35/2.

ALTRI METODI

[2] OSHA, *Fluoride (F and HF) in workplace atmospheres*, Method ID-110.

Trattamento mediante una fusione alcalina in un crogiolo. Il residuo viene dissolto con acqua e neutralizzato con acido HCl. Aggiunta di una soluzione tampone di Tris Tartrato (T-T) e analisi potenziometrica con elettrodo specifico di ione fluoruro. Il metodo è validato per un intervallo di applicazione compreso tra 350 e 770 µg di F^-/campione.

2005_1599_IT.indd 274 10-10-2006 17:55:47

ALLEGATO 6
SCHEDE TECNICHE DEI METODI DI ANALISI DEL PIOMBO E DEI SUOI DERIVATI IONICI NELL'ARIA E NEL SANGUE

2005_1599_IT.indd 275 10-10-2006 17:55:47

2005_1599_IT.indd 276 10-10-2006 17:55:47

PIOMBO nel sangue
N. CAS: 110-85-0

SCHEDA N. 64
Ottobre 2004

VLB: 75 μg di Pb/100 ml di sangue

RIEPILOGO DEL METODO

I campioni di sangue vengono raccolti in tubi di polietilene contenenti EDTA-K_2 (acido etilendiamminotetracetico sale bipotassico) come anticoagulante.

Il sangue viene diluito con un tensioattivo per facilitarne l'emolisi. La quantificazione del piombo presente viene effettuata in spettrofotometria di assorbimento atomico a 283,3 nm, utilizzando un fornetto di grafite con piattaforma di L'vov e modificazione di matrice.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Questo metodo consente la determinazione del piombo nel sangue in un intervallo di concentrazione da 5 a 100 μg di Pb/100 ml di sangue (da 0,24 a 4,82 μmol/litro), ed è applicabile al controllo della popolazione lavorativa potenzialmente esposta al piombo metallico e ai suoi composti ionici.

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Il campione di sangue venoso estratto con siringa di polietilene o polistirolo viene raccolto in tubi di polietilene da 5 ml, contenenti EDTA-K_2 come anticoagulante, mescolando con cura.

ANALISI

Preparazione: 50 μl di sangue + 600 μl del modificatore di matrice [diidrogeno fosfato (V) di ammonio].
Tecnica analitica: spettrofotometria di assorbimento atomico a 283,3 nm, utilizzando un fornetto di grafite con piattaforma di L'vov.

TRASPORTO E STOCCAGGIO

I campioni non presentano perdite quando si conservano refrigerati e si analizzano entro i 15 giorni successivi alla loro raccolta.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Precisione: 2,5 %
Deviazione: non significativa
Incertezza complessiva: 5 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: medio

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO:

Questo metodo è stato validato utilizzando i materiali di riferimento certificati del BCR (CRM nn. 194, 195 e 196). Inoltre, è stato sottoposto a una prova di intercomparazione tra laboratori, condotta secondo la Norma ISO 5725, che ha consentito di ottenere la ripetibilità e riproducibilità del metodo.
Il limite di rivelabilità del piombo nel sangue, calcolato utilizzando un campione reale di concentrazione prossimo al bianco e in conformità alla definizione della IUPAC, è di 1,5 μg Pb/100 ml di sangue.

2005_1599_IT.indd 277 10-10-2006 17:55:47

PIOMBO nel sangue **N. CAS: 110-85-0**	**SCHEDA N. 64** **Ottobre 2004**
VLB: 75 μg di Pb/100 ml di sangue	

RIFERIMENTI

[1] INSHT, *Determinazione del piombo nel sangue. Metodo del fornetto di grafite. Spettrofotometria di assorbimento atomico*, MTA/MB-011/R92.

2005_1599_IT.indd 278 10-10-2006 17:55:47

PIOMBO, inorganico e suoi derivati
N. CAS: 7439-92-1

SCHEDA N. 65
Ottobre 2004

VL (8 h): 0,15 mg/m³

RIASSUNTO DEL METODO

Il campione viene raccolto facendo passare un volume di aria attraverso un filtro a membrana di esteri di cellulosa, mediante una pompa di campionamento personale a una portata di 2 l/min. Il campione viene trattato con una miscela di acido cloridrico e di acido nitrico concentrati a caldo, viene diluito con acqua deionizzata e la soluzione risultante viene analizzata con plasma accoppiato induttivamente-spettroscopia di emissione atomica (ICP-AES).

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicabile alla determinazione di piombo in un intervallo di concentrazione da 0,015 mg/m³ a 0,3 mg/m³, per campioni compresi tra 160 e 700 litri di aria.
Questo metodo consente la determinazione contemporanea di altri elementi o composti metallici.

CARATTERISTICHE TECNICHE

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Elemento di cattura: filtro a membrana di esteri di cellulosa con porosità di 0,8 µm e diametro di 37 mm
Pompa di campionamento: personale tipo P
Portata raccomandata: 2 l/min
Volume raccomandato: tra 160 e 700 l

ANALISI

Preparazione: trattamento del filtro con 8 ml di acido cloridrico e 2 ml di acido nitrico concentrati a caldo. Si riduce il volume fino a 0,5 ml, si aggiungono 3 ml di acido cloridrico concentrato e si diluisce fino a 10 ml con acqua deionizzata.
Tecnica: plasma accoppiato induttivamente-spettroscopia di emissione atomica (ICP-AES).

TRASPORTO E STOCCAGGIO

Non sono indicate precauzioni specifiche.

DATI DI VALUTAZIONE DEL METODO

Precisione: 6,0 %
Deviazione: - 3,8 %
Incertezza complessiva: 15,8 %

ALTRE CARATTERISTICHE

Grado di difficoltà: applicazione semplice
Costo economico: elevato

ALTRE INFORMAZIONI DI INTERESSE

DATI DI VALIDAZIONE DEL METODO: [1]

La precisione e la riflessione indicate nella scheda corrispondono a 18 filtri addizionati con quantità di piombo comprese tra 11 e 48 µg per campione.

ADATTAMENTO DEL METODO:

Per utilizzare il metodo [1], sfruttando i dati della validazione, è necessario adattarlo al campo di applicazione di interesse attuale, definito in rapporto al VL.

2005_1599_IT.indd 279 10-10-2006 17:55:48

PIOMBO, inorganico e suoi derivati **N. CAS: 7439-92-1**	**SCHEDA N. 65** **Ottobre 2004**
VL (8 h): 0,15 mg/m³	

Il modo più appropriato consiste nell'adeguare il volume di campionamento affinché la quantità di campione raccolta sia compresa nell'intervallo di concentrazioni nel quale il metodo è stato validato. A tale scopo, si devono campionare almeno **700 l**, per concentrazioni comprese tra VL 0,1 (0,016 mg/m³) e VL 0,5 (0,069 mg/m³), e **160 l** per concentrazioni comprese tra VL 0,5 (0,069 mg/m³) e VL 2 (0,3 mg/m³), a una portata di 2 l/min, condizioni di campionamento che compaiono nella scheda.

Questa approssimazione consente di associare i valori di precisione e di deviazione ottenuti dalla validazione all'attuale intervallo di concentrazioni di interesse.

INFORMAZIONI ADDIZIONALI:

La concentrazione più bassa dell'intervallo studiato nel metodo [1] è prossima al limite di rilevabilità del metodo. Pertanto, quando i livelli di piombo da determinare sono bassi, per esempio inferiori a 0,05 mg/m³, è preferibile utilizzare la spettrometria di assorbimento atomico con fornetto di grafite, come tecnica analitica alternativa, nel qual caso il volume di campionamento raccomandato può essere ridotto in modo sostanziale [2][4][5].

RIFERIMENTI

[1] OSHA, *ICP Analysis of Metal/Metalloid Particulates from Solder Operations*, Method Nº ID-206.

ALTRI METODI

[2] DFG, «Lead», *Analysis of hazardous substances in air*, vol. 1, 177-187.

[3] NIOSH, «Lead by Flame AAS», *Manual of Analytical Methods*, 4th ed., Method 7082.

[4] HSE, «Lead and inorganic compounds of lead in air», *Methods for the Determination of Hazardous Substances*, MDHS 6/3.

[5] ISO 8518:2001, *Workplace air-Determination of particulate lead and lead compounds-Flame or electrothermal atomic absorption spectrometric method.*

2005_1599_IT.indd 280 10-10-2006 17:55:48

2005_1599_IT.indd 281 10-10-2006 17:55:48

2005_1599_IT.indd 282 10-10-2006 17:55:49

Commissione europea

Linee direttrici pratiche di carattere non obbligatorio sulla protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi connessi con gli agenti chimici sul lavoro

Lussemburgo: Ufficio delle pubblicazioni ufficiali delle Comunità europee

2006 — pagg. 280 — 21 x 29,7 cm

ISBN 92-894-9653-3

2005_1599_IT.indd 283 10-10-2006 17:55:49

2005_1599_IT.indd 284 10-10-2006 17:55:49